## CONTENTS OF NO. 32

(In Japanese with English summary except * in English)


*Okutani, T.
Report on the archibenthal and abyssal lamellibranchiate mollusca mainly collected from Sagami Bay and adjacent waters by the R.V. *Soyo-Maru* during the years 1955–1960 ..... ( 1 )

*Okutani, T.
Diet of the common squid, *Ommastrephes sloani pacificus* landed around Ito Port, Shizuoka Prefecture ..... ( 41 )

Doi, T.
On the predatory and competitive relationships among fishes caught in the waters adjacent to Japan ..... ( 49 )

Watanabe, N,
On the fall of cheorinity of sea-water due to the flowing of land-water ..... (123)

Okubo, K. and Okubo, T.
Study on the bio-assay method for the evaluation of water pollution—II
Use of the fertilized eggs of sea urchins and bivalves ..... (131)

Koyama, T.
Telemetric estimation of set net catches by fish finder ..... (141)

Bito, M. and Amano, K.
Significance of the decomposition of adenosinetriphosphate in fish muscle at temperature around −2°C. ..... (149)

*Murayama, S., Calvez, D.L. and Nitayachin, P.
Study on the production of fish sauce—I
Effect of commercial proteolytic enzyme on the production of fish sauce ..... (155)



Published Quarterly by

TOKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

TSUKISHIMA, CHUO-KU, TOKYO

JAPAN

本報告略号
—東海水研報—

Abbreviation of this bulletin
—Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.—

昭和 37 年 1 月 25 日 印刷
昭和 37 年 1 月 30 日 発行

発行所　水産庁東海区水産研究所
東京都中央区月島 3 号地

発行者　源生一太郎
東京都中央区月島 3 号地

印刷者　田中忠雄
東京都文京区指ヶ谷町 134 番地

印刷所　日本応用印刷株式会社
東京都文京区指ヶ谷町 134 番地
電話 東京 (813) 1422～3

# Report on the Archibenthal and Abyssal Lamellibranchiate Mollusca Mainly Collected From Sagami Bay and Adjacent Waters by the R V. *Soyo-Maru* during the Years 1955-1960

Takashi Okutani

## Introduction

As one of the research projects to secure the basic data concerning to radioactivity of the marine organisms in Japanese waters, bottom fauna surveys in Sagami Bay and its adjacent areas have been conducted by the Sardine Resources Division, Tokai Regional Fisheries Research Laboratory. In order to obtain the benthos material to measure the radioactivity, many hauls of the beam trawl have been made by the Research Vessel *Soyo-Maru* since 1957. With the benthonic animals thus collected, a large number of molluscan shells were found mingled. The present paper is based on the results of identification on the material obtained both from the radioactive survey cruises and on some other occasions during the years 1955 to 1960. This may also be the first step of zoogeographical approach to Japanese deep sea molluscan fauna to which very little knowledge has been contributed until today despite that a considerable number of papers on mollusca from shallow waters down to the lower shelf have been published.

The present materials are tentatively limited to the specimens from a larger depth than 400 m, *i.e.*, lower than the lower shelf to archibenthal and abyssal zones. As mentioned above, the faunas from these zones of Japanese waters have never been explored for more than half a century since the *Challenger* (1842–1846) and the *Albatross* (1906) expeditions were carried out. According to the present study, 24 new species and subspecies may be added to Japanese lamellibranchiate fauna with their names and type localities as follows:

*Tindaria similis*, n. sp. (Off Aogashima Isl., 3150–3350 m),
*Neilonella japonica*, n. sp. (Sagami Bay, 1320–1400 m),
*Nuculana* (*Thestyleda*) *subscalata*, n. sp. (Off Ôshima Isl., 1560–1640 m),
*Nuculana* (*Thestyleda*) *sagamiensis*, n. sp. (Sagami Bay, 1320–1400 m),
*Nuculana* (*Poroleda*) *soyomaruae*, n. sp. (Off Kushikino, Kyushu, 730–760 m),
*Bathyarca nipponica*, n. sp. (Sagami Bay, 550 m),
*Propeamussium watsoni bayonnaisense*, n. subsp. (Off Bayonnaise Rocks, 2140–2150m),
*Delectopecten profundicola*, n. sp. (Off Aogashima Isl., 3150–3350 m),

* Received October 25, 1961. Contribution A No. 160 from the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory.

*Cyclopecten nipponensis*, n. sp. (Off Miyake Isl., 1230–1350 m),
*Cyclopecten nakaii*, n. sp. (Sagami Bay, 580–790 m),
*Limatula abyssicola*, n. sp. (Off Miyake Isl., 1230–1350 m),
*Vesicomya nakaii*, n. sp. (Off Kushikino, Kyushu, 730–760 m),
*Thyasira* (*Philis*?) *imamurai*, n. sp. (Off Kushikino, Kyushu, 730–760 m),
*Thyasira* (*Parathyasira*) *hexangulata*, n. sp. (Sagami Bay, 1360–1385 m),
*Axinulus kelliaeformis*, n. sp. (Sagami Bay, 700–750 m),
*Leptaxinus* (?) *elegans*, n. sp. (Sagami Bay, 1360–1385 m),
*Tellimya japonica*, n. sp. (Off Torishima Isl., 2280 m),
*Lyonsiella parva*, n. sp. (Off Miyake Isl., 1230–1350 m),
*Lyonsiella media*, n. sp. (Sagami Bay, 1560–1640 m),
*Periploma* (*Halistrepta*?) *pacifica*, n. sp. (Off Miyake Isl., 1230–1350 m),
*Dermatomya* (*tenuiconcha* Dall, var?) *sagamiensis*, n. sp. (Sagami Bay, 700–750 m),
*Cuspidaria obtusirostris*, n. sp. (Sagami Bay, 620–780 m),
*Cuspidaria kyushuensis*, n. sp. (Off Kushikino, Kyushu, 730–760 m),
*Cuspidaria* (*Cardiomya*) *abyssicola nipponica*, n. subsp. (Sagami Bay, 710–770 m).

The hearty thanks are extended to Dr. Z. Nakai, Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, who kindly placed the present material at the author's disposal. Thanks are also due to the staff members of the Sardine Resources Division of the same and the crew of the R.V. *Soyo-Maru* for their cooperation in collecting the specimens, and to Drs. K. Oyama, Geological Survey of Japan, and K. Sakurai, a member of the Malacological Society of Japan, for their advices rendered in the course of the study. The present author owes Mr. M. Ishida of the Laboratory in preparation of manuscript.

## Localities and Gears for the Present Materials

The gear used for collection was a beam trawl which was already described by Nakai (MS). The beam trawl is provided with double bags, one enclosed in the other, both of cotton material. The outer bag has a mouth of 210 cm×90 cm and 720 cm in length with mesh decreasing in size towards the cod end from 6 cm to 3 cm. The inner one is the spliced net with 3–4 mm mesh throughout. At the stations marked with asterisks in Table 1, a smaller sized beam trawl in the similar shape with a mouth of 175 cm×67 cm was applied.

The beam trawl was usually towed at about 2 knots for 30 minutes to one hour. The towing duration (from the time when the trawl is supposed to be settled on the sea floor till it is heaved up) was estimated by wire angles. In deep sea towing, however, it may be possible that the estimated length of time and distance do not always agree with theoretical value because of the conditions of sea floor, loosening of the wire and drifting of the boat by wind or current. Hence, the towing duration of each haul is not given herewith.

**Table 1.** The archibenthal and abyssal stations (deeper than 400 m) where the present material was collected.

| St. | Date | North Lat. | East Long. | Depth (m) | Approximate position | Bottom texture |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 12-XI-1955 | 35°05.1 | 139°33.3 | 700- 750 | Sagami Bay | Mud |
| T24 | 4-X-1957 | 35°04.9 | 139°09.0 | 450 | Sagami Bay | Mud |
| T28 | 3-X-1957 | 35°03.6 | 139°22.4 | 1320-1400 | Sagami Bay | Mud |
| T28 | 8-IV-1958 | 35°01.3 | 139°22.0 | 1350-1410 | Sagami Bay | Mud |
| T29 | 8-IV-1958 | 35°04.8 | 139°30.2 | 620- 780 | Sagami Bay | Mud |
| T28 | 16-XI-1958 | 35°00.8 | 139°21.8 | 1360-1385 | Sagami Bay | Mud |
| T29 | 15-XI-1958 | 35°05.0 | 139°29.3 | 710- 770 | Sagami Bay | Mud |
| T28′ | 19- I -1959 | 35°03.5 | 139°24.5 | 1190-1220 | Sagami Bay | Mud |
| T29′ | 17-III-1959 | 35°04.4 | 139°29.5 | 580- 790 | Sagami Bay | Mud |
| T29 | 12-VIII-1959 | 35°04.1 | 139°28.4 | 770- 930 | Sagami Bay | Mud |
| 53 | 7-XII-1959 | 35°06.8 | 139°29.1 | 740-1030 | Sagami Bay | Mud |
| T28 | 10-VII-1960 | 35°01.1 | 139°21.3 | 1400 | Sagami Bay | Mud |
| T29 | 9-VII-1960 | 35°08.5 | 139°28.9 | 750 | Sagami Bay | Mud |
| 59 | 27-XI-1960 | 35°05.8 | 139°31.5 | 550 | Sagami Bay | Mud |
| B4 | 11-IX-1957 | 32°01.5 | 140°20.0 | 1910-1940 | 22 miles off Bayonnaise Rocks | Volcanic gravel |
| 51 | 10-XI-1958 | 34°35.5 | 139°40.4 | 1560-1640 | 13 miles off Ôshima Isl. | Sandy mud |
| B2 | 9-III-1959 | 34°10.0 | 140°05.0 | 1230-1350 | 26 miles off Miyake Isl. | Sandy mud |
| b* | 8-XI-1959 | 32°20.0 | 140°55.5 | 3150-3350 | 56 miles off Aogashima Isl. | Volcanic gravel |
| B2* | 4-III-1960 | 34°07.3 | 140°02.3 | 1320 | 23 miles off Miyake Isl. | Sandy mud |
| B4 | 5-VII-1960 | 32°00.0 | 140°21.4 | 2140-2150 | 24 miles off Bayonnaise Rocks | Volcanic gravel |
| B5 | 16-XI-1960 | 30°48.5 | 140°38.4 | 2280 | 26 miles off Torishima Isl. | Volcanic sand |
| 72 | 8-II-1959 | 31°31.0 | 129°21.0 | 730- 760 | 50 miles off Kushikino, Kyushu | Mud |
| 17 | 25-VII-1960 | 36°19.7 | 141°09.0 | 870 | Kashima-Nada | Mud |

## Systematic Result

In the following descriptions, the numeral placed before each scientific name of the species corresponds to that appearing in a column of Appendix Table, "Occurrence of archibenthal and abyssal species by station and by region."

## Class LAMELLIBRANCHIA

## Subclass PRIONODESMACEA

## Order PROTOBRANCHIA

## Family Nuculidae

### 1. **Acila** (**Acila**) sp.

(Pl. I, fig. 1)

Japanese *Acila* (s. str.) species had been confused for a long time until Habe (1958a, p. 243) rearranged and deduced them into two species. They are *Acila divaricata* (Hinds) (including *A. d. vigilis* Schenck) and *A. schencki* (Kuroda, MS) Kira.

But there is another different form which has been occasionally taken from deep waters of Kashima-Nada and Sagami Bay. This is distinguished from the known Japanese two species in the following points:

Shell strongly compressed laterally; the postero-dorsal margin (escutcheon) less convex; the postero-ventral corner less protruding; external sculpture coarser; color paler.

But it is not conclusive at present if this is a deep-sea varietal form of the known form.

Locality: St. T29 (April 8, 1958), Sagami Bay, depth 620–780 m:—Three specimens, of which two are rather young.

### 2. **Acila** (**Truncacila**) **minutoides** Kuroda et Habe, 1958

*Acila* (*Truncacila*) *minutoides* Kuroda et Habe 1958, in Habe 1958a, p. 243; Habe 1961, p. 107, pl. 48, fig. 4.

Type locality: Suruga Bay, depth 118 m.

Locality: St. 17 (July 25, 1960), Kashima-Nada, depth 870 m:—Two specimens alive.

Distribution: Tosa Bay to the sea of Kashima-Nada.

### 3. **Ennucula niponica** (Smith, 1885)

(Pl. I, fig. 7)

*Nucula niponica* Smith 1885, p. 226, pl. 18, figs. 8–8a.

Type locality: *Challenger* St. 232, South of Island Nipon (Japan), 345 fathoms.

Localities: St. 2 (November 12, 1955), Sagami Bay, 700–750 m in depth:—Two specimens alive and three conjoined valves.

St. 51 (November 10, 1958), 13 miles off Ôshima Island, 1560–1640m in depth:—Eight specimens alive (var?).

St. T29 (November 15, 1958), Sagami Bay, 710–770 m in depth:—Two specimens alive.

St. T29 (April 8, 1958), Sagami Bay, 620–780 m in depth:—Two specimens alive.

St. 72 (February 8, 1959), 50 miles off Kushikino, Kyushu, 730–760 m in depth:—One specimen alive and one dead (var?).

St. B2 (March 9, 1959), 26 miles off Miyake Island, 1230–1350 m in depth:—Eleven specimens alive (var?).

St. 53 (December 7, 1959), Sagami Bay, 740–1030 m in depth:—One specimen alive.

St. 17 (July 25, 1960), Kashima-Nada, 870 m in depth:—Two specimens alive.

St. T29 (July 9, 1960), Sagami Bay, 750 m in depth:—Five specimens alive and one left odd valve.

St. 59 (November 27, 1960), Sagami Bay, 550 m in depth:—Ten

specimens alive.

Remarks: This species is common in the muddy bottom in Sagami Bay at the depth of about 600 m, together with *Portlandia lischkei* (Smith), *Nuculana ikebei* Suzuki et Kanehara, *Neilonella japonica*, n. sp., and *Cardiomya abyssicola nipponica*, n. subsp.

The small-sized specimens collected outside of Sagami Bay (St. 51, St. B2 and St. 72) are somewhat different from the typical specimens from Sagami Bay.

Distribution: North latitude 33° to 42° on Pacific side and also Japan Sea side north to 37°N (Kuroda and Habe, 1952). Approximate depth of distribution seems to range from 600 to 1000 m.

### 4. **Ennucula mirifica** (Dall, 1907)

(Pl. I, fig. 2)

*Nucula mirifica* Dall 1907, p. 170.

Type locality: *Albatross* St. 5040, south of Yesso (Hakkaido), 269 fathoms.

Localities: St. T28 (October 3, 1957), Sagami Bay, 1320–1400 m in depth :— Four specimens alive.

St. T28′ (January 19, 1959), Sagami Bay, 1190–1220 m in depth :— Four specimens alive and one conjoined valve.

St. T28 (July 10, 1960), Sagami Bay, 1400 m in depth :—One specimen alive.

Distribution: Hokkaido, Northeastern Honshu, Kashima-Nada and Sagami Bay.

### 5. **Ennucula cyrenoides** (Kuroda, 1929)

*Nucula cyrenoides* Kuroda 1929, app. p. 7, figs. 8, 9.

*Ennucula cyrenoides* Habe 1958a, p. 244, pl. 11, fig. 2; 1961, p. 107, pl. 48, fig. 6.

Type locality: East of Honshu.

Locality: St. 72 (February 8, 1959), 50 miles off Kushikino, Kyushu, 730–760 m in depth :—Two juvenile specimens.

Distribution: Pacific side, north to northeastern Honshu, and Japan Sea side, north to Sado Island (Habe, 1958a).

### 6. **Lamellinucula gemmulata** (Habe, 1953)

(Pl. I, fig. 5)

*Nucula* (*Lamellinucula*) *gemmulata* Habe 1953a, p. 215.

Type locality: Tosa Bay, Shikoku.

Localities: St. B2 (March 9, 1959), 26 miles off Miyake Island, 1230–1350 m in depth :—Two specimens alive and separate both valves.

St. T29 (July 9, 1960), Sagami Bay, 750 m in depth :—One specimen alive.

St. 59 (November 27, 1960), Sagami Bay, 550 m in depth:— Thirty-two specimens alive.

Distribution: Tosa Bay, Sagami Bay and the neighbourhood of Miyake Island.

## Family Malletiidae

### 7. **Tindaria similis**, n. sp.

(Pl. I, fig. 4; Pl. IV, fig. 12)

Shell small, stout, thick, triangular in outline, inequilateral, sculptured with very regular, fine, concentric grooves throughout, and provided with a broad, thick hinge-margin with a row of teeth and no chondrophore. Umbo moderately prominent, strongly curved inward and somewhat forward. The lunular area is excavated, narrow, cordate, circumscribed by fine striae; escutcheon also well defined, deeply excavated. Anterior end considerably shorter than the posterior, evenly rounded; antero-dorsal margin convex, sloping rather rapidly and forming a continuous curve with the anterior margin which is also continuous to the more broadly convex ventral margin; the posterior end somewhat acute with the dorsal margin which is nearly straight. The surface is covered with very regular, fine, close, concentric, rounded ridges, separated by semicircular furrows as wide as their width; warm yellow in color. The inner ventral margin plain and sharp. The hinge plate thick, narrowest just below the beaks, thickest at the two-third distally. The anterior portion decidedly shorter than the posterior with eight teeth which increase rapidly in size and prominence, the six distal ones being large, elevated, V-shaped; the posterior portion with 14 teeth, of which distal eight are very large. Ligament short, situated behind the umbo. Pallial line entire, no sinus. Interior opaque white.

Length 6.1 mm, height 4.7 mm, thickness 3.5 mm. (type specimen)

Locality: St. b (November 8, 1959), 56 miles off Aogashima Isl., 3150–3350 m in depth:— Type specimen and a conjoined specimen and two right odd valves.

Remarks: *Tindaria* species quite resemble each other. Out of the known species, the allied forms to the present new one and their distinguishable points are as follows:

*Tindaria soyoae* Habe (1953a, p. 130, figs. 1, 2) from off Toizaki, Kyushu, is more dumpy and has 17+24 teeth.

*T. weberi* (Prashad) (1932, p. 28, pl. 8, figs. 5–8) from off Aru Island has very rounded outline.

"*T.*" *californica* Dall (1917, p. 400) from off California may be *Neilonella* because of existence of pallial sinus.

*T. brunnea* Dall (1917, p. 401) from Bering Sea is provided with undistinguishable lunnule and escutcheon and also with radial lines externally.

*T. martiniana* Dall (1917, p. 401) from Californian waters, has 14+16 slender hinge teeth.

*T. ritteri* Dall (1917, p. 401) and *T. dicofania* Dall (1917, p. 401) from off La Jolla, California, have hinge teeth of nearly equal number (10 or 11).

*T. cervola* Dall (1917, p. 402) from off San Diego has more acutely triangular shell.

*T. callistiformis* Verrill et Bush (1897, p. 59, figs. 10, 20, 21) from North Atlantic has more ovate outline, undefined lunnule, and 23 posterior teeth.

*T. lata* Verrill et Bush (1898, p. 882) from North Atlantic has very compressed shell but neither lunnule nor escutcheon.

*T. cuneata* (Smith) (1885, p. 247, pl. 20, figs. 10, 10a) from West Indies has *Ennucula*-like outline.

*T. guineensis* Thiele et Jaeckel (1931, p. 208, pl. 3, fig. 20) has more teeth, 12+20 in number.

Distribution: Type locality only.

### 8. **Neilonella japonica**, n. sp.

(Pl. I, figs. 3, 6; Pl. IV, fig. 6)

Shell small in size, triangularly sub-ovate in outline, inequilateral; umbo prominent, curved inwards, situating on one third anteriorly of the entire length; the anterior portion rounded; the postero-dorsal line nearly straight, but somewhat convex near the posterior end; the posterior end nearly pointed; ventral margin smoothly convex; the external surface of the shell covered with thick periostracum of straw-color, polished, ornamented with extremely weak growth lines throughout and sometimes with patches of rusty matter here and there; the interior opaque white with golden tint; the external ligament small, black, situating behind the umbo; the hinge angulated, strong, with 10 teeth on the anterior half and about 14 on the posterior half; the muscle scar and pallial line both indistinct.

Length 6.5 mm, height 4.7 mm, diameter 3.7 mm, (type specimen).

Localities: St. 2 (November 12, 1955), Sagami Bay, depth 700–750 m :—One specimen alive.

St. T28 (October 3, 1957), Sagami Bay, depth 1320–1400 m :—Seven specimens alive and ten dead. [Type locality.]

St. T28 (April 8, 1958), Sagami Bay, depth 1350–1410 m :—One specimen alive.

St. T28 (November 16, 1958), Sagami Bay, depth 1360–1385 m :—Twenty-one specimens alive and three dead.

St. T28′ (January 19, 1959), Sagami Bay, depth 1190–1220 m —Three-hundred and nine specimens alive and three dead.

St. 53 (December 7, 1959), Sagami Bay, depth 750–1030 m :—One specimen alive.

St. T28 (July 10, 1960), Sagami Bay, depth 1400 m :—Six speci-

mens alive.

St. T29 (July 9, 1960), Sagami Bay, depth 750 m :—Ten specimens alive.

Remarks : The present new species strikingly resembles *Neilonella subovata* Verrill et Bush (1897, p. 57, figs. 7, 8, 22) in outline, but is distingushed in having shorter posterior portion and more triangular profile. This is also allied to *Neilonella coix* Habe (1951, p. 23, figs. 12, 13) in outline, but the former has less elongate and smoother surface.

Distribution : Sagami Bay, depth ranging from 700 to 1500 m.

### 9. **Neilonella tibana** Oyama, MS

(Pl. I, fig. 14)

Localities : St. T29 (April 8, 1958), Sagami Bay, 620–780 m in depth :—Eighteen specimens alive.

St. 17 (July 25, 1960), Kashima-Nada, 870 m in depth :—Twenty-six specimens alive.

St. T29 (July 9, 1960), Sagami Bay, 750 m in depth :—Twenty-six specimens alive.

St. 59 (November 27, 1960), Sagami Bay, 550 m in depth :—Twenty-two specimens alive.

Distribution : Sagami Bay and Kashima-Nada, depth ranging about 700–900 m.

## Family Nuculanidae

### 10. **Nuculana ikebei** Suzuki et Kanehara, 1936

(Pl. I, figs. 10, 11)

*Nuculana conceptionis* (Dall) *ikebei* Suzuki et Kanehara 1936, p. 182, pl. 10, figs. 16–18.

Type locality : Ishigami, Shiratori-mura, Ichihara-gun, Chiba Prefecture (fossil).

Localities : St. 2 (November 12, 1955), Sagami Bay, depth 700–750 m :—Six specimens alive.

St. T29 (April 8, 1958), Sagami Bay, depth 620–780 m :—Twenty-four specimens alive.

St. T29 (November 15, 1958), Sagami Bay, depth 710–770 m :—Eight specimens alive and one right odd valve.

St. T29′ (March 17, 1959), Sagami Bay, depth 580–790 m :—Two specimens alive and dead.

St. 53 (December 7, 1959), Sagami Bay, depth 740–1030 m :—Fourteen specimens alive.

St. T29 (July 9, 1960), Sagami Bay, depth 750 m :—Twenty-nine specimens alive and left odd valve.

Distribution : Sagami Bay, 600–1000 m in depth ; Kashima-Nada (Oyama 1951,

p. 41).

### 11. **Nuculana (Thestyleda) scalata** Prashad, 1932

(Pl. I, fig. 19)

*Nuculana (Thestyleda) scalata* Prashad 1932, p. 22, pl. 1, figs. 30–31; Habe 1958a, p. 246, pl. 11, figs. 34–35.

This is the second record of this species from Japanese waters. This is strongly characterized by its external sculpture "consisting of low, very distantly placed rugae, which become very pronounced and almost like ridges on the rostrum", and the ridge on the upper edge of the rostrum which is "distinctly raised and gives the shell a scaly appearance in this region" (Prashad, 1932). The largest specimen in the present materials measures 17 mm in length.

Type locality: *Siboga* St. 300 (10°48′.6S, 123°23′.1E, 918 m)

Locality: St. 72 (February 8, 1959), 50 miles off Kushikino, Kyushu 730–760 m:—Two specimens alive, 2 conjoined valves and 2 right odd valves.

Distribution: Type locality, off Kannoura in Tosa Bay (Habe, 1958a) and the west off Kyushu.

### 12. **Nuculana (Thestyleda) subscalata,** n. sp.

(Pl. I, figs. 17, 18)

Shell small, strongly compressed, elongato-ovate, pale yellow in color; the umboes small, elevated; anterior dorsal margin round, shorter than the posterior; posterior dorsal line strongly concave, arched, posterior portion rostrate with a blunt end; a curved ridge is running from the umbo to the postero-dorsal corner on each valve, forming a smooth, lanceolate escutcheon, and another ridge runs from the umbo to the postero-ventral corner; the area between these two ridges sculptured with lamellate, regularly-spaced and closely-set scales throughout; the external surface elsewhere is ornamented with delicate, regular, concentric lines which appear parallel lirae on the postero-ventral area; small hinge teeth bear about 8 in anterior series and 22 in the posterior; a distinct fold on the interior of the rostration; the internal somewhat pearly. Length 11.2 mm, height 4.7 mm, thickness 2.1 mm, (type specimen: conjoined valve).

Localities: St. 51 (November 10, 1958), 13 miles off Ôshima Island, 1560–1640 m in depth. [Type locality]:—One specimen alive.

St. B2 (March 9, 1959), 26 miles off Miyake Island, 1230–1350 m in depth:—Eighty-three specimens alive. [The paratypes are chosen from this lot.]

St. 53 (December 7, 1959), Sagami Bay, 740–1030 m:—One specimen of right odd valve.

St. 59 (November 27, 1960), Sagami Bay, 550 m:—Eight speci-

mens alive and one dead.

Remarks: The present new species resembles *Nuculana* (*Thestyleda*) *scalata* Prashad (1932, p. 22, pl. 1, figs. 30–31), but is distinguished by its more advanced anterior portion, shorter rostrum, closely-set scales on it and blunt coloration. This new species is also allied to "*Leda*" *ramsayi* Smith (1885, p. 241, pl. 20, figs. 3–3a) and *Nuculana* (*Thestyleda*) *yokoyamai* Kuroda (1934, p. 204), but differs from these in its longer and slender rostrum as well as more dèlicate sculpture of the external surface. This is also very close to "*Leda*" *extenuata* Dall 1897 (in Oldroyd, 1924, p. 22, pl. 28, fig. 3) which has longer anterior part and more elongated outline.

Distribution: Stations mentioned here.

### 13. **Nuculana** (**Thestyleda**) **sagamiensis,** n. sp.

(Pl. I, figs. 8, 9; Pl. IV, fig. 4)

Shell of moderate size, very unequilateral, elongato-ovate in outline, somewhat compressed; the umbo very small, situated on the anterior one-third of the entire length; anterior margin rounded and the posterior elongately rostrated; a slightly curved ridge runs from the umbo to the postero-dorsal corner forming a smooth, lanceolate escutcheon; the dorsal line of the posterior portion straight; another curved ridge runs from the umbo to the postero-ventral corner; the area between two ridges slightly concave, consequently the posterior tip of the rostration is indented; slightly auriculated postero-dorsal corner somewhat exceeds beyond the postero-ventral corner of the rostration; surface sculptured with lamellate, concentric ribs which are sharply edged and spacely arranged throughout; coloration dark yellow or dirty straw with rusty speckles on the marginal area; hinge teeth 17 in the anterior portion and 25, posterior; inside of the valve opaque white; a fold on the inside of rostration.

Length 21.1 mm, height 9.3 mm, breadth 4.5 mm, (type specimen: conjoined valve).

Localities: St. 2 (November 12, 1955), Sagami Bay, 700–750 m in depth:—One specimen alive.

St. T28 (October 3, 1957), Sagami Bay, 1320–1400 m in depth:—Five specimens alive. [Type locality.]

St. T28 (November 16, 1958), Sagami Bay, 1360–1385 m in depth:—Thirty-two specimens alive. [Ten paratypes are selected from this lot.]

St. 53 (December 7, 1959), Sagami Bay, 740–1030 m in depth:—Two specimens alive.

St. T28′ (January 19, 1959), Sagami Bay, 1190–1220 m in depth:—One specimen alive.

St. T28″ (July 10, 1960), Sagami Bay, depth 1400 m:—Three specimens.

St. T29 (July 9, 1960), Sagami Bay, depth 750 m :—One specimen.

Remarks: The present new form is distinguished from "*Leda*" *minuta* O.F. Müller (in Sars, 1878, p. 36, pl. 5, fig. 2; Ockelman, 1958, p. 19, pl. 1, fig. 10), which shows circumpolar distribution, in having less advanced anterior portion and more elongated rostration, so that the latter presents more ovate outline than the former. Out of *Thestyleda* species from Japanese waters, *N.* (*T.*) *aikawai* Habe (1958a, p. 246, pl. 11, fig. 3) is strikingly allied to the present one, but it differs from the new form in having shorter rostration with truncated end and smaller number of hinge teeth (9+15 instead of 17+25), and in its shallow sea habitat. *N.* (*T.*) *yokoyamai* (Kuroda) (1934, p. 204), *N.* (*T.*) *yokoyamai arai* Habe (1958a, p. 248, pl. 11, fig. 4) and *N.* (*T.*) *acinacea* Habe (1958a, p. 247) are all distinguished from this form in having more inflated shells and more concave postero-ventral margins.

The keys to the Japanese *Thestyleda* are as follows:

*Thestyleda*, Iredale 1929: Shell of medium to small in size, unequilateral, elongato-ovate in outline; anterior portion shorter than the posterior; anterior margin round; posterior portion rostrated; the postero-dorsal margin usually concave; surface with remarkable concentric ribs throughout; two curved radiating ridges run from the umbo to the postero-dorsal and ventral corners.

$a^1$ The posterior portion as long as twice of the anterior.
- $b^1$ Shell rather inflated, postero-dorsal margins conspicuously concave, so that outline is rather *Cuspidaria*-form.
  - $c^1$ Area between two radiating ridges running from the umbo to the posterior end smooth; shell triangularly ovate [Kii Straits and Tanegashima Isl.] ..... *soyoae* Habe, 1958.
  - $c^2$ Area between two radiating ridges running from the umbo to the posterior end scaled; shell elongato-ovate.
    - $d^1$ Concentric ribs strong and closely-set [Honshu-Kyushu] ..... *yokoyamai* Kuroda, 1934
    - $d^2$ Concentric ribs strong and coarser [Bungo Straits and Tsushima Straits] ..... *yokoyamai arai* Habe, 1958
    - $d^3$ Concentric ribs very weak; hinge teeth 18+22 [Tosa Bay] ..... *acinacea* Habe, 1958
- $b^2$ Shell strongly compressed, postero-dorsal margin nearly straight.
  - $e^1$ The rostrum rather short with truncate end; hinge teeth 9+15 [Off Iki Isl., Japan Sea] ..... *aikawai* Habe, 1958
  - $e^2$ The rostrum rather slender and tapering with auriculated end; hinge teeth 17+22 [Sagami Bay] ..... * *sagamiensis*, n. sp.

$a^2$ The posterior portion longer than thrice of the anterior.
- $f^1$ The posterior portion longer than four times of the anterior; the rostrum heavily scaled [Timor Sea, Tosa Bay and West of Kyushu] ..... * *scalata* Prashad, 1932
- $f^2$ The posterior portion little longer than thrice of the anterior; the rostrum with closely-set scales [Sagami Bay and Izu Islands] ..... * *subscalata*, n. sp.

### 14. **Nuculana (Poroleda) soyomaruae**, n. sp.

(Pl. I, fig. 13; Pl. IV, fig. 5)

Shell medium in size, very flattened, oblong rostrate, thin; rounded anteriorly

* The archibenthic or abyssal forms, otherwise, those in shallow waters down to the lower shelf at best.

with an elongate rostrum posteriorly; very inequilateral; the posterior portion concave dorsally, evenly arched with blunt tip; slightly raised, obtuse umboes in anterior one-fourth of the shell; the external surface with glossy lustre and yellow in color, sculpture consisting of smooth microscopic concentric and radiating striae; hinge plate very weak with elongate, thin, lamellar teeth arranged in parallel, 8 in anterior half and 11 in posterior.

Length 20 mm, height 5 mm, (type specimen: right odd valve).

Localtity: St. 72 (February 8, 1959), 50 miles off Kushikino, Kyushu 730–760 m :—Type specimen and left odd valve which is destroyed in posterior half of the shell.

Remarks: The present new species is closely allied to *Nuculana* (*Poroleda*) *parallelodonta* Prashad (1932, p. 23, pl. 1, figs. 35–36; pl. 8, figs. 1–2), but the latter species is distinguished by having shorter posterior portion, less numbers in hinge teeth (7 in anterior and 4 in posterior). *N.* (*P.*) *sibogaensis* Prashad (1932, p. 23, pl. 1, fig. 37) is also allied to this, but is distinguished by much thicker shell and different number of teeth (12 in anterior and 6 in posterior).

Distribution: Type locality only.

### 15. **Portlandia** (**Portlandella**) **lischkei** (Smith, 1885)

(Pl. I, fig. 16)

*Yoldia lischkei* Smith 1885, p. 242, pl. 20, figs. 4–46.

*Portlandia* (*Portlandella*) *lischkei* Habe, 1961, p. 109, pl. 48, fig. 31.

Type locality: *Challenger* St. 232, off Enoshima, Sagami Bay; 345 fathoms.

Localities: St. 2 (November 12, 1955), Sagami Bay, depth 700–750 m :—One specimen alive and one dead.

St. T28 (October 3, 1957), Sagami Bay, depth 1320–1400 m :—One specimen alive.

St. T24 (October 4, 1957), Sagami Bay, 450m in depth :—Eighteen specimens alive and one dead.

St. T29 (November 15, 1958), Sagami Bay, depth 710–770 m :—One specimen alive.

St. T29 (April 8, 1958), Sagami Bay, depth 650–715 m :—Four specimens alive.

St. T28′ (January 19, 1959), Sagami Bay, depth 1190–1220 m :—Four specimens alive and two dead.

St. 53 (December 7, 1959), Sagami Bay, depth 750–1030 m :—One juvenile specimen alive.

St. T29 (July 9, 1960), Sagami Bay, depth 740 m :—One specimen alive.

St. T28 (July 10, 1960), Sagami Bay, depth 1400 m :—One specimen alive.

Distribution: Suruga Bay (Habe, 1951, p. 27) and Sagami Bay, 700–1400 m in depth.

### 16. **Megayoldia** sp. cf. **thraciaeformis** Storter

One very young specimen of *Yoldia*-group may be identical with *Megayoldia thraciaeformis* which shows circumpolar distribution (Verrill and Bush, 1897, p. 55). From Japanese waters, this species has been known from the northern area ranging from North latitude 37° to 72° (Kuroda and Habe, 1952). There was no record of this species found from Sagami Bay and its neighbouring areas.

Locality: St. T29 (November 15, 1958), Sagami Bay, depth 710–770 m:—A very young specimen.

## Order TAXODONTA

## Family Arcidae

### 17. **Bentharca pterossa** (Smith, 1885)

(Pl. I, fig. 12)

*Arca* (*Barbatia*) *pterossa* Smith 1885, p. 262, pl. 17, figs. 4–4b.

Smith reported this species from *Challenger* St. 246, Mid North Pacific Ocean, at a depth of 2050 fathoms; Sts. 70 and 73, west of the Azores, in 1675 and 1000 fathoms, respectively; and also St. 24, off Culebra Island, West Indies (!) in 390 fathoms. In connection with the distribution of this species, he described that he had found an instance of a species from a very deep water in the Atlantic, which is all but identical with another from a still greater depth in the Pacific (*Callocardia atlantica* and *C. pacifica*), but he was unable to distinguish the examples of this species from these two oceans; and that such a distribution was "a problem difficult of true explanation."

The present material is quite agreeable with Smith's description and illustration. The animals were found attached to the volcanic gravels from the deep sea bottom.

Locality: St. b (November 8, 1959), 56 miles off Aogashima Isl., 3150–3350 m in depth:—Twenty-one specimens alive.

Distribution: At least the area extending from the Mid North Pacific to this station.

### 18. **Bathyarca nipponica,** n. sp.

Shell minute, inflated, almost subglobular, thin and delicate; covered with a thin, delicate, translucent straw-colored periostracum which is thickened towards the ventral margin and shows the bristle-like projections on the radiating riblets; the dorsal margin is straight except umboes which moderately protrude above it; the anterior and posterior edge join the dorsal edge in obtuse angles then continue to the round ventral margin; the ventro-posterior corner somewhat protrudes to give the shell an oblique appearance; the ventral margin somewhat inflated at the

greatest buldge of the shell; the shell is marked by radiating thread-like riblets about 80 in number; the concentric sculptures consist of poorly developed threads which have irregular spacings; both sculptures give bald areas near the umboes feebly cancellated appearance; interior ashy white with several radiating markings; ligamental area very narrow, posterior portion being about three times the length of the anterior portion, ligamental groove hardly observable; hinge narrow, the posterior being two times the length of the anterior and bears the four oblique teeth, the anterior area has five teeth which are less oblique and shorter than those on the posterior area, the middle part is toothless; the outer edge of the inside of the shell feebly denticulated.

Length 4.3 mm, height 3.2 mm, thickness 1.5 mm, (type specimen: conjoined valve).

Locality: St. 59 (November 27, 1960), Sagami Bay, 550 m in depth:—The type specimen only.

Remarks: The present new species is closely allied to a Hawaiian *Bathyarca pisum* Dall, Bartch et Rehder (1838, p. 19, pl. 3, figs. 1–4, text-fig. 6) but differs from the latter in having obtuse antero-dorsal corner and different cardial armature. From another allied species, *B. sibogai* Prashad (1932, p. 55, pl. 2, figs. 1–3), the present species differs in external sculptures and outline of the shell.

## Family Limopsidae

### 19. **Limopsis uwadokoi** Oyama, 1951

(Pl. II, fig. 4)

*Limopsis uwadokoi* Oyama 1951, p. 151, fig. 8; Habe, 1953b, p. 202, pl. 29, figs. 6, 15.

Type locality: Mobara, Chiba Prefecture (fossil).

Locality: St. 17 (July 25, 1960), Kashima-Nada, 870 m in depth:—Two-hundred and thirteen specimens alive.

Distribution: Northeastern Honshu.

### 20. **Limopsis obliqua** A. Adams, 1863

(Pl. II, fig. 5)

*Limopsis obliqua* Habe 1953b, p. 201, pl. 29, figs. 9, 16.

Type locality: Uraga, entrance of Tokyo Bay.

Localities: St. 2 (November 12, 1955), Sagami Bay, 700–750 m in depth:—One specimen alive.

St. 59 (November 27, 1960), Sagami Bay, 550 m in depth:—One left odd valve.

Distribution: Sagami Bay.

### 21. **Pectunculina oblonga** (A. Adams, 1860)

*Limopsis oblonga* A. Adams 1860, p. 412.

*Pectunculina oblonga* Habe 1953b, p. 204, pl. 29, figs. 12–14; 1958a, p. 258, pl. 11, figs. 32, 33; 1961, p. 112, pl. 50, figs. 8.

Habe (1958a, p. 259) stated that this species is the representative of the shelf fauna together with *Glycymeris rotundata* (Dunker), *Limopsis tajimae* Sowerby, *Cryptopecten vesiculosus* (Dunker) and *Notostrea musashiana* (Yokoyama); and he recorded it from the depth of 21–582 m. However, out of the present materials, several specimens which are naturally identified to this species were found from very great depths as a member of abyssal fauna.

Type locality: Minoshima, Japan Sea, 63 fathoms.

Localities: St. B4 (September 11, 1957), 22 miles off Bayonnaise Rocks, 1910–1940 m in depth:—Two specimens alive and right odd valve. St. 51 (November 10, 1958), 12 miles off Ôshima Island, 1560–1640 m in depth:—Five specimens alive.

Distribution: Honshu to Kyushu; Pacific side and Japan Sea side north to Tsugaru Straits.

## Order DYSODONTA

## Family Mytilidae

### 22. **Solamen diaphana** (Dall, 1907)

*Crenella diaphana* Dall 1907, p. 171.

Type locality: *Albatross* St. 5092, "Gulf of Tokio", 70 fathoms.

Locality: St. 17 (July 25, 1960), Kashima-Nada, 870 m in depth:—Three specimens alive.

Distribution: Sagami Bay to northeastern Honshu and Japan Sea.

## Family Pectinidae

### 23. **Propeamussium watsoni bayonnaisense,** n. subsp.

(Pl. II, figs. 1, 2)

Shell of moderate size, thin, very fragile, ovate, compressed, almost equilateral, nearly equivalves, higher than long, gapes considerably at the sides, with small auricles. The external surface of the left valve is marked by numerous fine radial striae which are strong on the median part of the shell and nearly disappear on the umbonial and distal areas, in addition, marked with regular-spaced concentric lirae which become strong on the marginal portion. Consequently, the central area of the left valve exhibits weak cancellated appearance. The external surface of the right valve is sculptured with regularly spaced and slightly raised concentric lirae all over, except the umbonial part which is smooth and eroded.

The auricles nearly equal in size and shape on both sides, ornamented with weak radial and concentric lines. Hinge margin somewhat concave but sometimes quite straight, with no crenations; byssal notch not identified.

Internal lirae 11 in number on both valves. The outermost ones situating on the base of the auricles are weaker than the others. The lirae 2/3 as long as the shell height, and arranged in relatively regular intervals. Some of them are notched at the distal ends.

The coloration differs in both valves: the left valve being pellucid white with glossy lustre externally, the right valve pale pellucid amber, sometimes with brown spots on the umbonial area, in addition, the internal lirae are visible through the shell as the fawn-colored radiating rays externally. Internal surfaces of the both valves with a brilliantly vitreous gloss, the right valve nearly pellucid white, the left one with fawn-colored portion as far as white lirae are observed.

Length 40 mm, height 44 mm, (type specimen).

Locality: St. B4 (July 5, 1960), 24 miles off Bayonnaise Rocks, 2140–2160 m in depth:—Nine specimens alive, most of them badly distroyed.

Remarks: This is considered to be a form of *Amussium watsoni* Smith (1885, p. 309, pl. 22, figs. 8–8c) from New Guinean water from a depth of 1070 fathoms. But, the present form somewhat differs from the *Challenger*'s specimen in having the hinge margin without serration.

### 24. **Delectopecten macrocheilicola** Habe, 1951

(Pl, II, fig. 7)

*Pseudamussium* (*Palliolum*) *vitreum* Hiro 1938, p. 474, figs. 5A–C.

*Palliolum* (*Delectopecten*) *macrocheilicola* Habe 1951, p. 80; 1961, p. 118, pl. 53, fig. 7.

This species is occasionally found attached on the carapace of a giant spider crab, *Macrocheila kaempferi* de Haan, which inhabits the deep sea around Japan, as Kuroda (1931, p. 87, figs. 94–95) stated. Hiro (1938, *loc. cit.*) also reported this species being found attached on that crab together with some Cirripeds.

But, by this survey, it was assured that this interesting Pectinid species also lives freely on the muddy bottom.

Localities: St. 72 (February 8, 1959), 50 miles off Kushikino, Kyushu, 730–760 m in depth:—One specimen alive, 2 right odd valves and 1 left odd valve.

St. B2 (March 9, 1959), 26 miles off Miyake Island, 1230–1350 m in depth:—One specimen alive, 2 left odd valves and 1 right odd valve.

St. B2 (March 4, 1960) 23 miles off Miyake Isl., 1320 m in depth:—One specimen alive.

Distribution: Kyushu; Shikoku (Tosa Bay by Habe 1951); Honshu, especially the Sea of Enshu-Nada to Boso Peninsula.

### 25. **Delectopecten profundicola,** n. sp.

(Pl. V, figs. 4, 4a)

Shell small, very thin, fragile, discoidal, inequilateral, the anterior portion ob-

liquely advanced, longer than high ; hinge straight, 2/3 as long as the shell length.

Right valve moderately convex, ornamented with fine, closely set, somewhat elevated, radiating striae which are surmounted by irregularly spaced concentric lamellae ; the concentric lamellae stronger and more densely distributed near the margin ; the intersecting points of concentric and radiating striae are not nodulated as the incremental lamellae are far stronger than the radii ; the anterior ear nearly triangle in outline, longer than high, with weak concentric lines externally ; byssal notch narrow ; the posterior ear poorly defined, so that the postero-dorsal corner sometimes nearly vertical.

Left valve moderately convex and sculptured almost similarly to the right ; the concentric lamellae are quite regularly and widely spaced in comparsion with another valve ; the anterior ear ornamented with minutely scaled radii.

External surface pellucid, vitreous with a silverly lustre. Interior shining, the external sculptures are observable from the interior.

Length 4.5 mm, height 5.0 mm, thickness 2.0 mm, (Holotype specimen).
Length 5.3 mm, height 5.6 mm, thickness — (Paratype specimen).

Locality : St. b (November 8, 1959), 56 miles off Aogashima Isl., 3150–3350 m in depth :—Two specimens alive (holotype and paratype).

Remarks : In *Delectopecten vancouverensis* (Whiteaves) (in Grau, 1959, p. 40, pl. 15) and *D. randolphi tillamookensis* (Arnold) (in Grau, 1959, p. 45, pl. 17), the concentric and radiating ridges are of equal strength and spinose. "*Pecten*" *clathratus* Martens (in Smith, 1885, p. 305, pl. 22, fig. 4) and *Cyclopecten aupouria* Powell 1937 (p. 167, pl. 47, figs. 1–2) are allied to the present species in sculpture of the left valves, but their right valves are not cancellated.

### 26. **Cyclopecten nipponensis,** n. sp.

(Pl. V, figs. 2, 2a)

Shell small, extremely thin, translucent ; hinge straight, 5/8 as long as the diameter, with umboes protruding a little above. Right valve shallower than the left, with ventral one-fourth of the valve reflexed, ornamented with fine, closely set, raised, regularly spaced, concentric lirae all over ; anterior auricle large, longer than posterior ear. Left valve nearly smooth except several fine, widely spaced, concentric lines and minute triangular scales or feebly radiating lines which are occasionally found on the distal area ; both auricles have concentric ridges. External of the shell, pellucid, vitreous, sometimes covered with yellowish brown periostracum on the marginal areas.

Length 9.0 mm, height 9.0 mm, thickness 1.8 mm, (type specimen : conjoined valve).

Locality : St. B2 (March 9, 1959) 26 miles off Miyake Island, 1230–1350 m in depth :—Seven specimens, all conjonined.

Remarks : This is very similar to *Cyclopecten zephyrus* Grau (1959, p. 25, pl. 7)

taken by Allan Hancock Expedition from southern Californian waters. But the present form may be different from the Grau's species in having weak but obvious radii on the anterior auricle and also weak radiation and/or microscopic scales on the marginal part of the shell though the latter presents but occasionally. *Cyclopecten bistriatus* (Dall) (1916, p. 404) has distinct radiating lines covering all over the left valve.

### 27. **Cyclopecten bistriatus** (Dall, 1916)

(Pl. V, figs. 1–1a)

*Pseudamusium bistriatum* Dall 1916, p. 404.
*Pecten* (*Pseudamusium*) *bistriatus* Dall 1921, p. 20.
*Cyclopecten bistriatus* Grau 1959, p. 28, pl. 8, fig. 2.

The present species has been known only from Californian waters (type loc.—off San Diego, 822 fathoms). However, the present materials from Sagami Bay are assuredly identical with the original description and Grau's illustration which is a photograph of Dall's paratype. It might be more reasonable to treat the present material as a subspecies of Californian form because of the distance of localities, though no morphological difference has been recognized.

Localities: St. T29 (November 15, 1958), Sagami Bay, 710–770 m :—Twenty-nine specimens alive.
St. T28 (November 16, 1958), Sagami Bay, 1360–1385 m :—One specimen alive.

Distribution: California, U.S.A. at a depth of about 630 fathoms (Grau, 1959) and Sagami Bay (!)

### 28. **Cyclopecten nakaii,** n. sp.

(Pl. II, fig. 6; Pl. V, fig. 3–3a)

Shell of small in size, translucent, extremely thin, fragile, inequivalve, equilateral, discoidal, about 10 mm in height and length; external surface covered with thin, pale brownish, velvety periostracum except umbonal portion; hinge line straight, half the length of the diameter of the valve, with very small umboes, of which apical angles about 115°, protruding slightly above; ventral margin usually nicked throughout.

Right valve less convex than the left and 1/5 of the valve thinner and reflexed ventrally; sculpture consisting of equally spaced, closely set, slightly elevated concentric lines all over; these are indistinct in the umbonial region, but develop into concentric periostracal laminae near the margin; the anterior auricle moderately developed, knife-shaped in outline, with a deep sinus; posterior auricle small; both with strong, raised lines of growth, which elevate into scales on the five or six radii with which the auricles are furnished, so that the dorsal margins of the auricles show remarkably serrated appearance; inside of the valve polished, smooth without ribs, the external concentric lines are visible from the interior through the shell.

Left valve convex ; the auricles triangular in shape, ornamented with laminated concentric lines which are intersected by weak radii, the anterior larger than the posterior ; the external surface uniformly covered with velvety periostracum except umbonial part where weak concentric lines are observed ; about 20 pseudo-ribs radiate towards the margin. These usually begin from the half way point from the umbo to the distal margin, but some of them from further towards the margin, and arranged in nearly equal interspaces which are usually somewhat wider than pseudo-ribs themselves. They are formed by the elevation of the concentric lines like periostracal ruffles, in such a way that flutterings of the ruffles, which all are nearly equal in length, overlap one another. These periostracal ruffles are very fragile and, when broken off, show smooth surface of the valve underneath without any true ribs or scales of shell material at all. And then the radiating interspaces which were formerly covered with ruffles are crossed by concentric, fine, equally spaced periostracal stripes which show ladder-like pattern as a whole. The inside of the valve, shining, quite smooth ; the external features are visible from inside through the shell.

Length 10.5 mm, height 10.5 mm, thickness 1.0 mm, (type specimen).

Localities : St. T29′ (March 17, 1959), Sagami Bay ; depth 580–790 m :—Four specimens alive. 〔Type locality.〕
St. 59 (November 27, 1960), Sagami Bay, depth 550 :—Twenty-three specimens alive.

Remarks : The present new species is quite similar to the character of *Polynemamussium* Habe (1951, p. 72) especially in external character. In fact, Dall (1871, in Grau 1959, p. 19) described that *P. alaskaense* is provided with such a character that the left valve is ornamented with "pesudo-ribs" externally. But the present new one is different in having no internal ribs at all. *Cyclopecten pustulosus* Verrill 1873 (in Verrill and Bush, 1898, p. 839, pl. 85, figs. 5, 6, 10, 11) from the North Atlantic may be somewhat close to this new species. But no species related to the present species have been found from the Pacific area.

## Family Limidae

### 29. **Limatula sibogai** Prashad, 1932

*Lima* (*Limatula*) *sibogai* Prashad 1932, p. 128, pl. 4, figs. 9, 10 ; pl. 8, figs. 13, 14 ; Oyama 1943, p. 20, pl. 1, figs. 15–16.

Type locality : *Siboga* St. 208 (5°39′S, 122°12′E, 1886 m)

Locality : St. 72 (February 8, 1959) 50 miles off Kushikino, Kyushu 730–760 m :—Three odd valves.

Distribution : Type locality and this station.

### 30. **Limatula abyssicola,** n. sp.

(Pl. I, fig. 15)

Shell of small in size, thin, translucent, sub-ovate in outline, higher than long,

**Table 2.** The comparisons of five species of *Delectopecten* and *Cyclopecten* known from Japanese waters

| | *D. macrocheilicola* Habe, 1951 | *D. profundicola* n. sp. | *C. nipponensis* n. sp. | *C. bistriatus* (Dall, 1916) | *C. nakaii* n. sp. |
|---|---|---|---|---|---|
| Convexity of the valve | Both valves nearly equal | Both moderately convex | Left deeper than right | | Left deeper than right |
| Sculpture | Both valves with weak growth line and fine, irregular, discontinuous radiating lines all over; sometimes with microscopic scales | Both valves with concentric lamellae surmounted with slender, closely set, raised, radiating lines | Right with closely set, raised concentric lines<br>Left smooth except widely spaced growth lines; sometimes with minute scales | Right with closely set, raised concentric lines<br>Left with concentric lines crossed by the fine radii | Right with closely set, raised concentric lines<br>Left with velvety periostracal pseudoribs and concentric lines |
| Posterior ear | Poorly defined | | Well defind | Well defined | Well defined |
| Anterior ear and byssal notch | Right quadrangular with scaly radii<br>Byssal notch wide<br>Left sculptured as same as valve | Right triangular with concentric line<br>Byssal notch narrow<br>Left with scaly radii | Right triangular with concentric line and radii<br>Byssal notch narrow<br>Left with concentric lines | Right triangular. Both with concentric lines | Right triangular knife-shaped. Both with raised concentric lines intercrossed by strong radii |
| External coloration | Pellucid, vitreous, shining | Pellucid, vitreous, silverly lustre | Pellucid, vitreous, covered with brown periostracum | | Pellucid, covered with thick velvety brown periostracum |

inflated; from the lateral view, the valve somewhat asymmetrical as the posterior half is more convex than the anterior, and the highest part is situated more anteriorly than the presumed median line to be drawn vertically from the umbo against the hinge line; upper angles distinctly marking off the narrow, subequal auricles; the anterior margin nearly vertical, while the posterior margin oblique; the ventral margin acutely rounded; the umbones subcentral, distant, pointed; hinge short; hinge-area narrow with a triangular ligamental pit at the center; sculpture consisting of weak incremental lines and low thread-like radial ribs, about 27 in number, being arranged in approximately equal intervals; the interspaces of these ribs are smooth and plain except weak growth lines; the distal extremities of radial ribs are slightly projecting beyond the ventral margin; external surface is shining but sometimes covered with brown rusty matters; interior shining and smooth.

Length 6.0 mm, height 9.0 mm, diameter 4.5 mm, (type specimen).

Localities: St. 51 (November 10, 1958), 13 miles off Ôshima Island, depth 1560–1640 m :—One specimen alive.
St. B2 (March 9, 1959), 26 miles off Miyake Island, 1230–1350 m in depth. [Type locality.] :—Thirty-nine specimens alive.

Remarks: The present new species is closely allied to *Limatula kurodai* Oyama (1943, p. 21, pl. 1, figs. 18 a, b; pl. 14, fig. 1), but the former is distinguished from the latter by having inequilateral appearance and widely-spaced radial ribs. *L. subauriculata* Montagu, 1808 (in Habe 1958a, p. 268, pl. 11, fig. 31) differs from the present new species in having much more delicate ribs although the outline is somewhat similar to the latter.

Distribution: This is known only from those stations mentioned above.

## Subclass TELEODESMACEA

## Order HETERODONTA

## Family Vesicomyidae

### 31. **Vesicomya katsuae** Kuroda, 1952

(Pl. III, fig. 2)

*Vesicomya katsuae* Kuroda 1952, p. 4, figs. 5–9; Habe 1961, p. 123, pl. 56, fig. 3.

This is the first species of the genus from Japan described by Dr. Kuroda.

Type locality: Off Kannoura, Tosa Bay, 100 fathoms.

Localities: St. T28 (October 3, 1957) Sagami Bay, 1320–1400 m :—One young specimen alive.
St. 17 (July 25, 1960) The sea of Kashima-Nada, 870 m :—Three specimens alive.

Distribution: Type locality (also 274 m); Off Toi-saki, Kyushu, 572 m (Habe, 1958b, p. 24); Sagami Bay and Kashima-Nada, 870–1400 m.

### 32. **Vesicomya nakaii**, n. sp.

(Pl. III, fig. 1; Pl. IV, fig. 1–1a)

Shell of rather small in size, oblong rounded in outline, longer than high, strongly inflated; beaks prominent, prosogyrated, situated at about anterior two-fifth of the entire length; surface ornamented with closely set incremental lirae all over and covered with grayish yellow periostracum which has a glossy iridescence and is so thin that it is sometimes eroded on the umbonial portion; the anterior margin round; posterior margin feebly truncated; a very weak ridge runs from the umbo to the angulated postero-ventral corner forming the escutcheon; the ligament very short; postero-dorsal corner weakly arcuated; the lunule heart-shaped and defined by a very fine stria; inner surface opaque, the muscle scars and pallial impression indistinct; hinge normal *Vesicomya*-type.

Length 10.0 mm, height 8.7 mm, diameter 7.5 mm, (type specimen: conjoined valve).

Type locality: St. 72 (February 8, 1959) 50 miles off Kushikino, Kyushu, 730–760 m:—Six dead conjoined specimens and one specimen alive; size ranging 10.0 mm to 3.7 mm in length.

Remarks: This species is strikingly resembling *Callocardia pacifica* Smith (1885, p. 156, pl. 6, figs. 9–9b), but the latter has smoother ventral margin and round posterior margin. This is also allied to *Callocardia guttata* A. Adams 1864 (in Kuroda 1952, p. 1, figs. 1–4) but the present one differs in type of hinge teeth and in smaller lunule. *Vesicomya katsuae* Kuroda (1952, p. 4, figs. 5–9) is distinguished from the new species in having more elongate shell, less conspicuous umboes and more smooth surface.

Distribution: The present new species has been known from the type locality only.

## Family Arcticidae

### 33. **Calyptogena soyoae** Okutani, 1957

(Pl. II, figs. 10, 11; Pl. IV, fig. 14)

*Calyptogena soyoae* Okutani 1957, p. 27, pl. 1, figs. 1, 4, 5a–b; Habe 1961, p. 122, pl. 55, fig. 17.

This species is the first recent form of *Calyptogena* from Japanese waters. This species closely resembles fossil *C. nipponica* Oinomikado et Kanehara 1938, especially in its size larger than the other species of the genus. And the species is also allied to *Akebiconcha kawamurai* Kuroda (1943, p. 17, figs. 1–3) which has smoother ventral line, more ovate or shorter outline, less conspicuous lunule and shorter ligament. This species also recalls *Archiversica gigas* Dall 1916 in many ways though Dall's species is regarded as a member of Vesicomyidae.

Type locality: Sagami Bay, 35°05′.1N, 139°33′.3E, 750 m (=St. 2, Nov. 12, 1955).

Locality: St. T29 (November 15, 1958), Sagami Bay, 710–770 m :—Five specimens of conjoined valve. [Topotypes.]

Distribution: Sagami Bay, about 700–750 m in depth.

Note: Other species belonging to *Calyptogena* are enumerated as follows:

a) *Calyptogena pacifica* Dall 1891, p. 190; Dall 1894, p. 713, pl. 25, figs. 4 and 5; Oldroyd 1924, p. 116; Otuka 1937, p. 231; Otatume 1942, p. 436, pl. 16, figs. 1–12.
syn. *Unio moraiensis* Suzuki 1941, p. 55, pl. 5, figs. 2–5.
Type loc.: *Albatross* St. 3077, Dixon Entrance, west coast of Alaska, 322 fathoms.
Dimension: 48×27×18 mm.
Distribution: Recent—From Clearance Strait, Alaska to Santa Barbara Channel, Calif., U.S.A.; Fossil—Pleiocene of Los Angeles, Calif., U.S.A.; Wakimoto Bed of Oga Peninsula, Akita Prefecture (Pleiocene); Morai Bed of Ishikari oil-field, Hokkaido (Mio-Pleiocene).

b) *Calyptogena elongata* Dall 1916, p. 408; Oldroyd 1924, p. 116, pl. 22, fig. 6.
Type locality: *Albatross* St. 4432, off Point Loma, Calif., U.S.A., 275 fathoms.
Dimension: 44×17.5×10 mm.
Distribution: Recent—San Diego, Calif., U.S.A.

c) *Calyptogena nipponica* Oinomikado et Kanehara, 1938, p. 677–678, pl. 21, figs. 1–2.
Type locality: Ushigakubi Bed (Pleiocene), Higashiyama oil-field, Niigata Prefecture, Japan.
Dimension: 115.4×46.1×15 mm.
Distribution: Fossil—Kubiki Bed, Niigata Prefecture (Mio-Pleiocene); Katsuura Bed, Chiba Prefecture (Pleiocene) besides type locality.

The keys to the species of *Calyptogena* may be given as follows:

$a_1$ Shell large in size, attaining larger than 10 cm in length.
  $b_1$ Shell with a shallow groove of a constriction on the surface, escutcheon half the length of the dorsal margin ..... *C. soyoae* (recent)
  $b_2$ Shell without constriction on the surface, escutcheon nearly as long as dorsal margin ..... *C. nipponica* (fossil)
$a_2$ Shell smaller than 10 cm in length.
  $c_1$ Much elongated in shape ..... *C. elongata* (recent)
  $c_2$ Not so elongated, with thick greenish periostracum ..... *C. pacifica* (recent & fossil)

### 34. **Akebiconcha kawamurai** Kuroda, 1943

*Akebiconcha kawamurai* Kuroda 1943, p. 17, text-figs. 1–3; Habe 1952, p. 159, pl. 22, figs. 20–21; 1961, p. 122, pl. 55, fig. 16; Ozaki 1958, pl. 3, figs. 1–2, pl. 4, figs. 1–3, pl. 5, figs. 1–2.

Type locality: Off Odawara, Sagami Bay.

Locality: St. 2 (November 12, 1955) Sagami Bay, 700–750 m in depth :—One right odd valve and one left valve which were badly water-worn.

Distribution: Sagami Bay and Kashima-Nada (Ozaki, 1958).

## Family Thyasiridae

### 35. **Conchocele disjuncta** Gabb, 1866

(Pl. II, fig. 9)

*Conchocele disjuncta* Habe 1958, p. 26, pl. 2, fig. 5; 1961, p. 124, pl. 56, fig. 15.

Locality: St. T29 (November 15, 1958), Sagami Bay, depth 710–770 m:—Three right odd valves and three left odd valves which were badly water-worn or half destroyed.

Distribution: Alaska, Hokkaido, Japan Sea (Habe 1958b, p. 26), Tosa Bay (Azuma 1960, p. 80) and Sagami Bay.

### 36. **Thyasira (Philis) kanamarui** Habe, 1951

*Thyasira (Philis) kanamarui* Habe 1951, p. 126, figs. 263–265; 1958, p. 26, figs. 23, 24; 1961, p. 124, pl. 56, fig. 18.

Type locality: Tashikara Cove, Pacific side of Kii Peninsula.

Locality: St. T28′ (January 19, 1959), Sagami Bay, 1190–1220 m:—One specimen alive, but destroyed later.

Distribution: Southeastern Pacific side of Honshu.

### 37. **Thyasira (Philis?) imamurai,** n. sp.

(Pl. IV, fig. 9)

This is allied to *Thyasira (Philis) kanamarui* Habe (1951, p. 126, figs. 263–265) in appearance, but the present species may be distinguished from it in the following points: The shell is oblong; longer than high; the anterior portion remarkably advanced so that the umbo is situated posteriorly; surface is marked by rather distinct incremental lines throughout. This is also allied to "*Cryptodon*" *acuticalinatus* Smith (1895, p. 14, pl. 2, figs. 7, 7a) from the Bengal Bay but differs from it by having two flextures posteriorly.

Length 8.0 mm, height 7.3 mm, (type specimen: left odd valve).

Locality: St. 72 (February 8, 1959), 50 miles off Kushikino, Kyushu, 730–760 m:—Type specimen only.

### 38. **Thyasira (Parathyasira) hexangulata,** n. sp.

(Pl. IV, fig. 7)

Shell small, higher than long, inflated, approximately hexangular in outline; umboes prominent, acutely elevated and turned forward; the lunule narrow, elliptical, bordered with a weak ridge; the escutcheon lanceolate, extending the entire length of the postero-dorsal margin, defined by sharp carinae. The antero-dorsal margin slightly concave and rapidly sloping down to the feebly angulated anterior margin; the postero-dorsal margin slightly concave and ends to angulated postero-dorsal corner distally; the posterior margin nearly vertical and continues to the ventral margin, which is appreciably protruding at the middle, forming an obtuse angle with a flexure running hitherto from the umbo. The external surface usually smooth except weak growth lines; grayish white in color. The hinge toothless.

Length 5.5 mm, height 5.7 mm, thickness 3 mm (type specimen).

Locality: St. T28 (November 16, 1958), Sagami Bay, depth 1360–1385 m:—Nine specimens of conjoined valve.

Remarks: The present new species is distinguishable from *Thyasira* (*Parathyasira*) *kawamurai* Habe (1951, p. 127, fig. 262) in obtuse umbo, round margin and thicker shell.

### 39. **Axinulus kelliaeformis**, n. sp.

(Pl. IV, fig. 10)

Shell small, thin, fragile, semi-translucent white, somewhat inflated, elongato-ovate in outline. Beaks prominent, subcentral; antero-dorsal margin excavated in front of the beaks and convex further forward; anterior margin evenly rounded and, with the ventral margin, which becomes less rounded posteriorly, forms nearly circular curve; postero-dorsal margin slightly convex and ends distally in a very obtuse, rounded angle; the posterior margin rounded but with a very weak undulation; the postero-ventral corner with weak angulation which is due to a very weak radial ridge hitherto running from the umbo. The lunular area depressed but not circumscribed; the escutcheon indistinct. The hinge plate weak, with a very weak lateral tooth. External smooth with very weak growth lines throughout. Internal white.

Length 6 mm, height 5.5 mm, thickness 3 mm, (type specimen).

Locality: St. 2 (November 12, 1955), Sagami Bay, 700–750 m in depth:— Type specimen only.

Remarks: This is very close to "*Cryptodon*" *inequalis* Verrill et Bush (1898, p. 791, pl. 90, figs. 1, 2), but the present new species has more quadrangular outline and advanced posterior portion.

### 40. **Axinulus simplex** (Verrill et Bush, 1898)

(Pl. IV, fig. 11)

*Cryptodon* (*Axinulus*) *simplex* Verrill et Bush 1898, p. 791, pl. 92, figs. 3, 4.

Type locality: U.S. Fish Commission St. 1093, 1882 (North Atlantic).

Locality: St. T29 (November 15, 1958), Sagami Bay, 710–770 m in depth— A single specimen.

The present material quite agrees with Verrill and Bush's species. But it is still inconclusive whether this might be treated as subspecies because of the distance of localities.

### 41. **Leptaxinus** (?) **elegans**, n. sp.

(Pl. IV, figs. 8 8a, 8b)

Shell very small, semitranslucent, ovate in outline, moderately convex, but anterior and posterior portions somewhat compressed; beaks prominent, anteriorly oblique, situating rather posteriorly; the antero-dorsal margin compressed and convex; the anterior margin evenly round and continuous to broadly smooth ventral margin; the postero-dorsal margin straight, and ends distally with angulated postero-dorsal corner which is slightly compressed; the posterior margin nearly vertical; the

postero-ventral corner obtusely angulated; lunule narrow, rather distinct, cordate, defined by weak striae; escutcheon narrow, lanceolate, defined by weak carina; ligament short, embedded; the hinge plate very thin with a slightly thinckened part below the beak. The external surface polished, grayish white, ornamented with very fine, but distinct, irregular, concentric lines throughout, sometimes spotted with rusty matters on the marginal area.

Length 5.3 mm, height 4.5 mm, thickness 3.0 mm, (type specimen).

Localities: St. T28 (November 16, 1958), Sagami Bay, depth 1360–1385 m:— Fifteen specimens alive and a conjoined specimen. [Holotype and paratypes were selected from this lot.]
St. T28′ (January 19, 1959), Sagami Bay, depth 1190–1220 m:— Five specimens.

Remarks: This is nearly identical with *Leptaxinus* Verrill et Bush (1898, p. 796). But the present species has very short ligament, more truncate posterior end and weaker hinge in comparison to *L. minutus* Verrill et Bush (1898, p. 797, pl. figs. 3–5).

Distribution: Sagami Bay.

## Family Lucinidae

### 42. **Lucinoma yoshidai** Habe, 1958

(Pl. II, fig. 8)

*Lucinoma yoshidai* Habe 1958b, p. 27; 1961, p. 125, pl. 56, fig. 26.

Type locality: Off Shimane Prefecture.

Locality: St. 2 (November 12, 1955), Sagami Bay, 700–750 m in depth:— Two right odd valves and two left odd valves.

Distribution: Western part of Japan Sea, about 130–200 m in depth (Habe, 1958b), the sea of Kashima-Nada (Oyama, 1960) and Sagami Bay.

## Family Montacutidae

### 43. **Tellimya japonica,** n. sp.

(Pl. V, fig. 10)

Shell small, moderately convex, thick, solid, very elongate and inequilateral, round at both ends, broarder in front than behind. Beak small, protruding a little above, situated at 5/8 posteriorly. The antero-dorsal margin nearly horizontal and faintly excurved; the antero-ventral margin smoothly round; the ventral margin nearly straight, somewhat concave in the middle but obliquely continuous to the round posterior margin which is narrower than the anterior end. The surface ornamented with irregular growth lines, porcelaneous white, eroded. The hinge plate thick, especially behind the beaks where there is a deep oblique socket for the reception of the strong ligament. The interior of the valve white and a little glossy. The anterior muscle scar indistinct; the posterior one round.

Length 8.5 mm, height 4.6 mm, thickness 5.0 mm, (conjoined valve).

Locality: St. B5 (November 16, 1960), 26 miles off Torishima Island, 2280 m—Type specimen only (right valve was destroyed when examined).

Remarks: This strongly resembles *Montacuta cylindracea* Smith (1885, p. 206, pl. 12, figs. 4-4b) and *Tellimya ferruginosa* (Montagu) (in Verrill and Bush 1898, p. 783, pl. 90, figs. 7, 8) from North Atlantic. But they are more roundly ovate in shape than the present new species. This is the first species of the genus reported from Japanese waters.

## Family Tellinidae

### 44. **Macoma calcarea** (Gmelin, 1791)

*Macoma calcarea* Oldroyd 1924, p. 173, pl. 42, fig. 5; Habe 1955, p. 18, pl. 1, figs. 14, 15; Yamamoto and Habe 1959, p. 105, pl. 9, figs. 17, 19; pl. 14, fig. 2.

Localities: St. 2 (November 12, 1955), Sagami Bay, 700–750 m in depth:—Two juvenile specimens alive.

St. T29 (November 15, 1958), Sagami Bay, 710–770 m in depth:—Five juvenile specimens alive and one conjoined specimen which is medium in size.

St. 53 (December 7, 1959), Sagami Bay, 740–1030 m in depth:—Six specimens alive.

St. 59 (November 27, 1960), Sagami Bay, 550 m in depth:—Sixty-seven specimens alive, which are all very small in size.

Distribution: Circumboreal; Northern Japan down to the sea of Enshu-Nada in the south. In the southern area of the habitat, the present species is distributed in great depths down to 1000 m. But the northern area, it is found on the upper shelf zone at a depth of about 30–50 m. The northern population produces larger specimens than the southern deep sea one. This phenomenon is also observed on *Ennucula mirifica* (Dall) in the present survey.

## Order ADAPEDONTA

## Family Xylophaginidae

### 45. **Neoxylophaga rikuzenica** (Iw. Taki et Habe, 1945)

*Xylophaga rikuzenica* Iw. Taki et Habe 1945, p. 112.

*Neoxylophaga rikuzenica* Iw. Taki et Habe 1950, p. 46, figs. 4, 5.

Type locality: Iwate Prefecture, 100 fathoms.

Localities: St. T28 (October 3, 1957), Sagami Bay, depth 1320–1400 m:—One specimen.

St. T28′ (January 19, 1959), Sagami Bay, depth 1190–1220 m:—Eleven specimens.

Distribution: Type locality, Toyama Bay (Taki et Habe 1950) and Sagami Bay, down to 1400 m.

**46. Metaxylophaga supplicata** Iw. Taki et Habe, 1950

*Metaxylophaga supplicata* Iw. Taki et Habe 1950, p. 47, figs. 1, 2.

Type locality: Tosa Bay, 100 fathoms.

Localities: St. T29 (April 8, 1958), Sagami Bay, 620–780 m in depth:—One specimen.

St. T29′ (March 17, 1959), Sagami Bay, 580–790 m in depth:—Twenty-one specimens of adult form; on which a number of triangular shaped larval shells adhered.

St. T29 (August 12, 1959), Sagami Bay, 770–930 m in depth:—Three specimens alive and four dead, all found in a sunken timber.

Distribution: Type locality and Sagami Bay, depth 570–930 m.

## Subclass ANOMALODESMACEA

## Order ANOMALOBRANCHIA

### Family Lyonsiidae

**47. Lyonsia (Allogramma) oahuënsis** Dall, 1913

(Pl. III, fig. 4)

*Lyosia* (*Allogramma*) *oahuënsis* Dall 1913, p. 594; Dall, Barcth et Rehder 1938, p. 215–216, pl. 56, figs. 9–12.

This is the first record of the species from Japanese waters. This species is markedly allied to *Lyonsia formosa* Jeffreys (in Smith 1885, p. 72, pl. 6, figs. 3–3b), the type species of *Allogramma*. But, the posterior portion of *L. formosa* is minutely spinose.

Type locality: *Albatross* St. 3883, Pailolo Channel, 277–284 fathoms.

Locality: St. B2 (March 9, 1959), 26 miles off Miyake Island, 1230–1350 m in depth:—One specimen alive.

Distribution: Type locality, *Albatross* Stations 3898 and 3909 (south coast of Oahu, Hawaii) and the station mentioned above.

**48. Lyonsiella pilula** Prashad, 1932

(Pl. III, fig. 8)

*Lyonsiells pilula* Prashad 1932, p. 325, pl. 7, figs. 23 and 24.

This is the first record of the species from Japanese waters since it was described by Prashad. Although it is very closely allied to *Lyonsiella papyracea* E.A. Smith (1885, p. 73, pl. 25, figs. 2–2b), this species "is very much smaller, thinner, almost transparent globose, much more swollen and subequilateral. The umboes are more prominent and are turned inwards and forwards. The posterior dorsal margin is more oblique and the sculpture consists of about 30 hair-like radial lines; no concentric sculpture can be distinguished on the surface of the valves."

Two specimens from the present material may well agree with Prashad's description and illustrations. *Lyonsiella japonica* Habe 1961 (1953, fig. 720; 1961, p. 145, pl. 65, fig. 6) somewhat resembles the present species, but the former has more closely set radial lines and much more circular outline.

Type locality: *Siboga* St. 88 (0°34.6N, 119°8.5E, 1301 m)

Locality: St. B2 (March 9, 1959), 26 miles off Miyake Island, 1230–1350 m in depth:—Two specimens alive.

Distribution: Type locality and this station.

### 49. **Lyonsiella parva**, n. sp.

(Pl. III, fig. 7)

Shell minute, thin, semitranslucent, inflated, quadrangular in outline, with a prominent umbo which is prosogyrated, with a very thin yellowish gray periostracum rather wrinkled near the margin. The dorsal line slightly convex; the ventral line nearly straight; both dorsal and ventral lines are continuous to the posterior line at nearly right angles. The postero-dorsal corner rather auriculated; the anterior portion roundly winged and advanced before the umbo. The external surface of the shell is marked by about 14–16 slender radiating lines which appear as raised periostracal threads on the margins where the periostracum has not been removed, and is also ornamented with numerous, very closely spaced, microscopic granules all over. The interior of the shell is somewhat pearly, and feebly marked by radiating fine lirae corresponding with the external lirae. The hinge line is toothless with a small quadrilateral lithodesma inside.

Length 4.6 mm, height 3.2 mm, thickness 3.0 m, (type specimen: conjoined valve).

Localities: St. B2 (March 9, 1959), 26 miles off Miyake Island, 1230–1350 m in depth. [Type locality.]:—Seven specimens alive.
St. T29 (November 15, 1958), Sagami Bay, 710–770 m in depth:—Five specimens alive.
St. 59 (November 27, 1960), Sagami Bay, 550 m in depth:—Three specimens alive.

Remarks: This new species is very close in shape to *Lyonsiella abyssicola* Sars (in Sars 1878, p. 82, pl. 20, fig. 5a–c; Ockelmann 1958, p. 158, pl. 3, fig. 2 and Thiele 1929, p. 944, fig. 861) from the North Atlantic, but the latter has less advanced anterior portion and more elongato-quadrangular outline. *Lyonsiella papyracea* Smith (1885, p. 73, pl. 25, figs. 2–2b), *L. pilula* Prashad (1932, p. 325, pl. 7, figs. 23, 24) and *Policordia diomedea* Dall, Bartch et Rehder (1938, p. 217, pl. 56, figs. 5–8) are all allied to the present new species, but they are all distinguished from it by having more round outlines.

Distribution: Sagami Bay and its south, 700–1300 m in depth.

### 50. **Lyonsiella media**, n. sp.

(Pl. III, fig. 9; pl. IV, fig. 3)

Shell of small in size, thin, fragile, moderately inflated, subcircular in outline, inequilateral, equivalve; the umbo small, prosogyrated, lunule small, cordate, slightly depressed, circumscribed with the anterior radiating line. The antero-dorsal margin is strongly convex, but not so high as the umbos; the anterior margin nearly perpendicular to the axis of the shell; the ventral margin strongly convex and somewhat produced in the middle; the posterior end obtusely rounded; the postero-dorsal margin a little convex and slopes gradually. The surface pellucid, white, ornamented with about 40 delicate, raised, radiating lines and very feeble concentric lines; the marginal area is usually thickly coated with mud. The hinge without teeth; lithodesma very small.

Length 7.4 mm, height 7.9 mm, thickness 5.2 mm, (type specimen).

Localities: St. T29 (April 8, 1958), Sagami Bay, 620–780 m:—One left odd valve.

St. T29 (November 15, 1958), Sagami Bay, 710–770 m: — One specimen alive. [Paratype.]

St. 51 (November 10, 1958), 13 miles off Oshima Island, 1560–1640 m:—One specimen alive. [Holotype.]

St. T28′ (January 19, 1959), Sagami Bay, 1190–1220 m:—Two young specimens alive.

Remarks: The present new species strikingly resembles *Lyonsiella pilula* Prashad (1932, p. 325, pl. 7, figs. 23, 24), but is distinguished from it in having less prominent umboes and more advanced anterior portion. *L. cordata* Verrill et Bush (1898, p. 818, pl. 95, figs. 7, 8) has similar appearance to the present new form but differs in having more crowded hair-like radiating lines externally. *L. japonica* Habe, 1961 (1953, p. 269, fig. 720; 1961, p. 145, pl. 65, fig. 6) may be also allied to the present form but differs in having more auriculated posterior margin and general outline. Moreover, *L. papyracea* Smith (1885, p. 73, pl. 25, figs. 2–2b) has more smoothly round and larger shell.

## Family Myochamidae

### 51. **Myadora fluctuosa**, Gould 1861

*Myadora proxima* Smith 1880, p. 586, pl. 53, figs. 8, 8a, 8b.
*Myadora fluctuosa* Habe 1958b, p. 274, pl. 13, fig. 5.

Locality: St. 72 (February 8, 1959), 50 miles off Kushikino, Kyushu, depth 730–760 m:—One specimen alive.

Distribution: Kyushu, Shikoku and Honshu (Habe, 1958b); This station may be the deepest one that has ever produced this species.

## Family Periplomatidae

### 52. **Periploma** (**Aperiploma**) **otohimeae** Habe, 1953

(Pl. III, fig. 6)

*Periploma* (*Aperiploma*) *otohimeae* Habe, 1953 p. 265, figs. 700, 701.

*Aperiploma* was established by Habe (1953) as a section of *Periploma*. The diagnosis of this genus reads, "Shell without resilium before chondrophore." The present specimens may be identical with this species as far as the author could refer.

Locality: St. T28′ (January 19, 1959), Sagami Bay, depth 1190–1220 m :— One adult and one young.

Distribution: Tosa Bay, Shikoku (Habe 1953) and Sagami Bay.

### 53. **Periploma** (**Halistrepta**?) **pacifica,** n. sp.

(Pl. III, fig. 5; pl. IV, fig. 2)

Shell medium in size, thin, semi-translucent, inequilateral, nearly equivalve, subovate in outline, with the beaks behind the middle and with a short, narrowed posterior end; the right valve slightly inflated than the left. The antero-dorsal margin is broadly convex; anterior end evenly rounded; ventral margin evenly convex to the base of the rostral region where it becomes slightly incurved; posterior end much narrowed, compressed and produced into a short, blunt rostrum with the edge subtruncated and gaping at the end; postero-dorsal margin nearly straight, sloping rapidly to the dorsal angle of the rostrum; a faint ridge extends from the umbo to the postero-ventral corner, posterior to which the shell is smoother than elsewhere and marked with several faint radial lines. The surface of the shell with irregular, uneven concentric undulations with wide concave intervals. The chondrophore small but prominent, spoon-shaped with a small resilial pit; a prominent ridge runs backwards from the chondrophore and defines a ligamental groove.

Length 13.5 mm, height 10.0 mm, breadth 60 mm, (type specimen).

Locality: St. B2 (March 9, 1959), 26 miles off Miyake Island, depth 1230–1350 m :—Two specimens alive.

Remarks: This strikingly resembles *Periploma affinis* Verrill et Bush (1898, p. 822, pl. 87, fig. 4) from the Atlantic but the latter has more concave postero-ventral edge and less oblique beaks. *Periploma* (*Halistrepta*) *sulcata* Dall 1904 (in Oldroyd, 1924, p. 83, pl. 40, fig. 6), the type species of this subgenus, has more roundish shell and much more prominent concentric ridges on the surface.

## Order SEPTIBRANCHIA

## Family Verticordiidae

### 54. **Halicardia** (**Halicardia**) **nipponensis** Okutani, 1957

(Pl. II, fig. 3; pl. IV, fig. 13)

*Halicardia* (*Halicardia*) *nipponensis* Okutani, 1957, p. 28, pl. 1, figs. 2, 3, 6, 7.

This is strongly characterized by its unique appearance. It is very close to *Halicardia gouldi* Dall, Bartch et Rehder from Hawaiian water and "*Mytilimeria*" *flexuosa* Verrill et Smith from the Atlantic. But the present species is distinguished from them in having more inflated shell and deeper indentions on the ventral margin. This is only one species belonging to *Halicardia* (s.s.) from Japanese waters.

Type locality: Sagami Bay, 35°05′.1N, 139°33′.3E, 750 m (=St. 2, Nov. 12, 1955).

Localities: St. T29 (April 8, 1958), Sagami Bay, 620–780 m:—One specimen alive. [Topotype.]

St. 17 (July 25, 1960), the sea of Kashima-Nada, 870 m:—One specimen alive, 2 conjoined valve and a left odd valve.

St. 59 (November 27, 1960), Sagami Bay, 550 m:—A single immature specimen.

Distribution: Sagami Bay and the sea of Kashima-Nada, at a depth about 700–800 m.

## Family Poromyidae

### 55. **Dermatomya** (**tenuiconcha** Dall, 1913. var?) **sagamiensis,** n. sp.

(Pl. III, fig. 3; pl. V, figs. 8, 8a)

The specimens from the deep water in Sagami Bay are nearly identical with *Dermatomya tenuiconcha* Dall (1913, p. 296; 1921, p. 27, pl. 3, fig. 10) from North American waters. But, the present material is different from Dall's description in having somewhat elongated shell, paler coloration and nearly horizontal chondrophore. (Dall described, "the hinge in the left valve with a small internal resilium seated on an inconspicuous oblique chondrophore...".) A varietal form, *Dermatomya tenuiconcha soyoae* Habe (1952, p. 157, pl. 22, figs. 7, 8), from northeastern waters of Japan, is very close to the present form, but the former has less elongated shell and thicker periostracum. Moreover, the present form is seemingly restricted in distribution.

*Dermatomya buttoni* Dall (1916, p. 406) may be also allied to this form, but vagueness of the original description makes it difficult to identify them with each other.

Length 13.9 mm, height 10.9 mm, diameter 8.5 mm, (type specimen).

Localities: St. 2 (November 12, 1955), Sagami Bay, 700–750 m: — Seven specimens alive. [Type locality.]

St. T29 (April 8, 1958) Sagami Bay, 620–780 m:—Thirty-seven specimens alive.

St. T29 (November 15, 1958) Sagami Bay, 770–710 m:—Fifteen specimens alive. [The paratypes were selected from this lot.]

St. T29 (July 9, 1960) Sagami Bay, 750 m:—Twelve specimens alive and one left odd valve.

St. 59 (November 27, 1960) Sagami Bay, 550 m :—Two specimens alive.

Distribution : Sagami Bay, depth ranging from about 650 to 750 m.

## Family Cuspidariidae

### 56. **Cuspidaria** (cf.) **mitis** Prashad, 1932

(Pl. III, fig. 13 ; pl. V, figs. 7–7a)

Thirty-three specimens from the present material are certainly identical with *Cuspidaria mitis* Prashad (1932, p. 328, pl. 7, fig. 35) from Java Sea in general characters. The descriptions of the present specimens are as follows :

Shell thin, fragile, globose with a relatively broad rostrum posteriorly ; the umboes slightly prosocoelous, moderately protruding over the hinge line ; the antero-dorsal margin slightly angular ; the anterior margin to ventral margin smoothly rounded, convex with a shallow sinus at the base of the rostrum ; the rostrum with excurved hinge margin. The external surface is marked by thread-like, closely set incremental lines throughout, and covered with thin yellowish periostracum which is thinckened near the margin ; a weak radiating ridge from the umbo to the postero-ventral corner of the rostrum ; this ridge is covered by periostracal rugae. The inner side of the shell opaque ; on the hinge margin in left valve, slightly thickened and confluent with a small resilium in the center ; in the right valve, there is an elongated, posterior tooth which extends from the posterior end of the resilium one-third of the length of dorsal line of rostrum. The shell of young stage is generally pale straw-color at a glance, and that of the matured is with a pinkish tint ; the umbonial part is usually eroded.

Localities : St. T29 (April 8, 1958), Sagami Bay, depth 620–780 m :—Three specimens alive.

St. T29 (November 15, 1958), Sagami Bay, depth 710–770 m :—Nine specimens alive.

St. T28′ (January 19, 1959), Sagami Bay, depth 1190–1220 m :—Ten specimens alive.

St. B2 (March 9, 1959), 26 miles off Miyake Island, depth 1230–1350 m :—Two specimens alive.

St. T29 (July 9, 1960), Sagami Bay, depth 750 m :—Four specimens alive.

St. T28 (July 10, 1960), Sagami Bay, depth 1400 m :—Four specimens alive.

St. 17 (July 25, 1960), Kashima-Nada, depth 870 m :—One specimen.

Distribution : Java Sea, Sagami Bay and Kashima-Nada.

### 57. **Cuspidaria kawamurai** Kuroda 1948, var.

〔*Cuspidaria kawamurai* Kuroda 1948, p. 11, pl. 1, fig. 4.
Type locality: Tosa Bay, Shikoku.〕

Locality: St. 53 (December 7, 1959), Sagami Bay, 740–1030 m in depth :—One specimen which is a varietal form having a short rostrum.

Distribution: Tosa Bay and Sagami Bay.

### 58. **Cuspidaria obtusirostris,** n. sp.

(Pl. III, fig. 16; pl. V, figs. 5, 5a)

Shell small, thin, broardly and obliquely ovate, with a rather broard and short rostrum. Umboes prominent and oblique posteriorly. The antero-dorsal margin is broardly and nearly evenly convex; the anterior end smoothly rounded and continuous to also smooth ventral margin; the postero-dorsal margin slightly concave; postero-ventral corner feebly sinuated. The rostrum short with a gaping blunt end. In the umbonical area, the surface is smooth with a vitreous lustre; elsewhere it is covered with thread-like irregular concentric lines; on the rostrum there is a weak radiating ridge posterior to which the concentric lines become brownish periostracal rugae. The inner surface smooth and polished. In the right valve, there is a small triangular oblique resilium confluent with lamelliform posterior lateral teeth; the left valve toothless.

Localities: St. T29 (April 8, 1958), Sagami Bay, depth 620–780 m :—Twelve specimens alive. 〔Types were selected herefrom.〕

St. 51 (November 10, 1958), 13 miles off Oshima Island, 1560–1640 m :—One specimen alive.

St. T29 (November 15, 1958), Sagami Bay, depth 710–770 m :—One specimen alive.

St. T28′ (January 19, 1959), Sagami Bay, depth 1190–1220 m :—Thirty-one specimens alive.

St. B2 (March 9, 1959), 26 miles off Miyake Island, 1230–1350 m :—Eight specimens alive.

St. 53 (December 7, 1959), Sagami Bay, depth 740–1030 m :—Three specimens alive.

St. T29 (July 9, 1960), Sagami Bay, depth 750 m :—Seventeen specimens alive.

St. T28 (July 10, 1960), Sagami Bay, depth 1400 m :—One specimen alive.

St. 17 (July 25, 1960), Kashima-Nada, depth 870 m :—Thirty specimens.

Remarks: The present new species has resembalance with *Halonympha* or *Lyonsia* at a glance. But this is clearly distinguished from them in hinge type. There is no Japanese species comparable to this deep sea new species. *C. glacialis* G.O. Sars

(1878 p. 88, pl. 6, fig. 8 and in Oldroyd, 1924, p. 98) has larger shell and more erect umboes.

### 59. **Cuspidaria kyushuensis**, n. sp.

(Pl. III, fig. 12)

The present new species is very close to *C. circinata* Jeffreys 1876 (in Smith 1885, p. 42, pl. 10, figs. 4–4a) which was reported from North Atlantic, West Azores and Canary Islands.

But this species is distinguished from the above species in having deep sinus at the base of the rostrum and weakly indented margin at the sinuous portion. Otherwise, this species is strongly characterized by quadrangularly globose shell, very short rostrum and rather regular concentric laminae on the surface of the shell.

Length 12.0 mm, height 8.0 mm, (type specimen).

Locality: St. 72 (February 8, 1959), 50 miles off Kushikino, Kyushu, depth 730–760 m :—Holotype only.

### 60. **Cuspidaria** (**Cardiomya**) **gouldiana septentrionalis** Kuroda, 1948

*Cuspidaria* (*Cardiomya*) *gouldiana septentrionalis* Kuroda 1948, p. 18, pl. 2, fig. 12.

Type locality: Toyama Bay

Locality: St. 53 (December 7, 1959), Sagami Bay, 740–1030 m in depth :— One specimen alive. This may be a record of the present species from an exceptionally great depth.

Distribution: Honshu to Kyushu, abundant on the shelf.

### 61. **Cuspidaria** (**Cardiomya**) **abyssicola nipponica**, n. subsp.

(Pl. III, figs. 14, 15; pl. V, figs. 6, 6a)

The present form is nearly identical with *Cardiomya abyssicola* Verrill et Bush (1898, p. 806, pl. 73, fig. 4; pl. 74, fig. 1; pl. 77, fig. 7) in general characters. But it may be distinguished from the Atlantic form in having no radiating ridge on the rostrum, more elongated shell and smaller posterior teeth on the right valve. The present form is also very close to *Cardiomya behringensis* Leche, 1883 (Kuroda, 1948, p. 20, pl. 2, fig. 15) but differs from it in having the erect umbos and nearly linear posterior margin. The following is the description of the new subspecies:

Shell medium in size, swollen, pellucid, with tumid, slightly prosocoelous umboes; outline elongato-ovate, with a narrow, tapered, slightly excurved posterior rostrum, the tips gaping; the anterior end is broadly round, with the dorsal and ventral margins convex, the latter narrowing gradually posteriorly with a shallow sinus at the base of the rostrum; the postero-dorsal margin is feebly concave, so that the posterior tip somewhat upturned. The entire body of the shell is ornamented with irregular growth lines and numerous narrow, elevated, radiating ribs, separated by much wider concave interspaces, some of the widest interspaces have a slenderer secondary ribs in the center towards the distal margin; the ribs about 40 in number

in full grown specimen but less than 20 in young specimens, they increase in elevation and strength posteriorly ; for a short distance on the base of the rostrum the ribs are nearly obsolete. A weak radiating ridge runs from the umbo to the posteroventral corner of the rostrum ; the upper portion than the ridge is ornamented by periostracal rugae, while the area between the ridge and hindmost radius is ornamented by irregular growth lines only. The inner surface is covered with rounded grooves corresponding to the external ribs, separated by convex ribs of about same width ; these become obsolete anteriorly and posteriorly. The hinge margin in the left valve is a little thickened, resilium is central, stout, ovate in form ; in the right valve there is elongated posterior tooth, the anterior end of which nearly joins closely to the resilium ; a deep groove separates the tooth from the thin, excurved dorsal margin ; a normal ligamental groove extends from the beak to the base of rostrum ; there is a short, stout, rib-like buttress running from beneath the middle of the tooth obliquely posteriorly and ventrally reaching as far as the posterior adductor muscle scar. The external surface of the shell is covered by thin yellowish periostracum but it is sometimes thick brownish.

Length 21.9 mm, height 12.4 mm, diameter 8.0 mm, (type specimen).

Localities : St. 2 (November 12, 1955), Sagami Bay, depth 700–750 m :—Four specimens of very young stage.

St. T28 (October 3, 1957), Sagami Bay, depth 1320–1400 m :—Five specimens alive ; one of them is 0.5 mm in length and has 28 ribs.

St. T29 (April 8, 1958), Sagami Bay, depth 620–780 m :—Fourteen specimens alive. [The paratypes were chosen from this lot.]

St. T29 (November 15, 1958), Sagami Bay, depth 710–770 m. [Type locality.] :—Eleven specimens alive ; the smallest one of them measures 6.7 mm. in length and has 25 ribs.

St. T28′ (January 19, 1959), Sagami Bay, depth 1190–1220 m :—Thirty specimens alive. The medium-sized two specimens (length 15.8 mm, ribs 36 ; length 117 mm, ribs 37) may be rather close to *C. behringensis* Leche 1883 in appearance.

St. T28 (November 16, 1959), Sagami Bay, depth 1360–1385 m :—Sixty-one specimens alive.

St. T28 (July 10, 1960), Sagami Bay, depth 1400 m :—Four specimens alive.

St. T29 (July 9, 1960), Sagami Bay, depth 750 m :—Twenth-two specimens alive.

St. 17 (July 25, 1960), Kashima-Nada, depth 870 m :—One specimen.

St. 59 (November 27, 1960), Sagami Bay, depth 550 m :—Two specimens alive.

### 62. **Cuspidaria** (**Rhinoclama**) **dubia** Prashad, 1932

(Pl. III, fig. 10)

*Cuspidaria* (*Rhinoclama*) *dubia* Prashad 1932, p. 333, pl. 7, figs. 49, 50.

Type locality: Banda Sea.

Localities: St. 51 (November 10, 1958), 13 miles off Oshima Island, depth 1560–1640 m :—One specimen alive.
St. B2 (March 9, 1959), 26 miles off Miyake Island depth 1230–1350 m :—Two specimens alive.

Distribution: Prashad had reported this species from Banda Sea (*Siboga* Sts. 211 and 221) at the depths of 1158 m and 2798 m, before the present material was collected from Izu Island area.

### 63. **Cuspidaria** (**Pseudonearea**) **iridella** Kuroda, 1948

*Cuspidaria* (*Pseudonearea*) *iridella* Kuroda 1948, p. 25, pl. 2, fig. 9.

Type locality: Tosa Bay, Shikoku.

Locality: St. T24 (October 4, 1957) Sagami Bay, 450 m in depth :—Two specimens alive.

Distribution: Tosa Bay; Kii Peninsula (Kuroda, 1948) and Sagami Bay.

### 64. **Cuspidaria** (**Myonera**) **dispar** Dall, Bartch et Rehder, 1938

(Pl. III, fig. 11)

*Cuspidaria* (*Myonera*) *dispar* 1938, Dall, Bartch et Rehder 1938, p. 225, pl. 58, figs. 5–7.

This is one of the Hawaiian forms found from Japanese waters. The present species are notably characterized by "two strong keels which radiate from the posterior edge of the umbo ventrally, and which give the posterior ventral margin a sinuate outline." There have been found no other shells resembling this species.

Type locality: *Albatross* St. 3842, south coast of Molokai, 500 fathoms.

Locality: St. 72 (February 8, 1959) 50 miles off Kushikino, Kyushu, 730–760 m :—Three specimens alive.

Distribution: Type locality, *Albatross* St. 4041 (west coast of Hawaii) and the station mentioned here.

### 65. **Cuspidaria** (**Myonera**) sp.

(Pl. V, fig. 9)

This may be identified to a known species, although it is undeterminable. The following is the description of the present specimens:

The shell small, oblong, with a tumid, slightly prosocoelous beaks and rather short rostrum posteriorly. The antero-dorsal margin evenly rounded and continuous to the anterior margin. The ventral margin smoothly arched with a very shallow sinus posteriorly at the base of the rostrum. The postero-dorsal margin nearly straight. A weak ridge runs from the umbo to the posterior tip of the rostrum. The external

surface grayish white in color, and ornamented with distinct, closely set, irregular, raised, sub-concentric rugae throughout. The hinge margin of the both valves toothless; resilium very small; no buttress.

Length 11 m, height 7 mm, (No. 1); length 10 mm, height 6.5 mm, (No. 2).

Locality: St. 72 (February 8, 1959), 50 miles off Kushikino, Kyushu, at a depth of 730–760 m:—Two specimens alive.

## Literature Cited


Adams, A. 1860: On some new species of acephalous mollusca from the Sea of Japan. Ann. Mag. Nat. Hist., ser. 3, vol. 9 (50), pp. 150–161.

Azuma, M. 1960: A catalogue of the shell-bearing mollusca of Okinoshima, Kashiwajima and the adjacent area (Tosa Province), Shikoku, Japan. pp. 1–101+17, pls. 1–5 (published by the author).

Dall, W.H. 1891: On some new or interesting West American shells obtained from dredging of the U.S. Fish. Commission Steamer "Albatross" in 1888. Proc. U.S. Nat. Mus., vol. 14, pp. 173–191, pl. 3.

——— 1895: Report on mollusca and brachiopoda dredged in deep water, chiefly near the Hawaiian Islands, with illustrations of hitherto unfigured species from North-West America. Proc. U.S. Nat. Mus., vol. 17, pp. 675–733, pl. 10.

——— 1902: Illustrations and descriptions of new, unfigured or imperfectly known shells chiefly American, in the U.S. National Museum. Proc. U.S. Nat. Mus., vol. 24 (1264), pp. 499–566, pls. 27–90.

——— 1907: Descriptions of new species of shells, chiefly Buccinidae, from the dredgings of the U.S.S. "Albatross" during 1906, in the Northwestern Pacific, Bering, Okhotsk and Japanese seas. Smithonian Misc. Coll., vol. 50 (2), pp. 139–173.

——— 1913: Diagnoses of new shells from the Pacific Ocean. Proc. U.S. Nat. Mus., vol. 45 (2002), pp. 587–597.

——— 1916: Diagnoses of new species of marine bivalve molluska from Northwest coast of America in the collection of the United States National Museum. Proc. U.S. Nat. Mus., vol. 52, pp. 393–417.

——— 1919: Descriptions of new species of mollusca from the North Pacific Ocean in the collection of the United States National Museum. Proc. U.S. Nat. Mus., vol. 56 (2295), pp. 293–371.

——— 1921: Summary of the marine shell-bearing molluska of the Northeast coast of America, from San Diego, California, to the Polar Sea mostly contained in the collection of the United States National Museum, with illustrations of hitherto unfigured species. U.S. Nat. Mus., Bull. 112, pp. 1–217, pls. 1–22.

———, P. Bartch and H.A. Rehder, 1938: A manual of the recent and fossil marine pelecypod mollusks of the Hawaiian Islands. Bernice P. Bishop Mus., Bull. 153, pp. 1–233, pl. 1–58.

Dautzenberg, P. and A. Bavay, 1912: Les Lamellibranches de l'expédition du Siboga. Pectinidés, Siboga Exped. 53b. pp. 1–41, pls. 1–2.

Grau, G. 1959: Pectinidae of the eastern Pacific. Allan Hancock Pacific Exped. vol. 23, pp. 1–308, pls. 1–57.

Habe, T. 1951–'53: Genera of Japanese shells (Pelecypoda and Scaphopoda). pp. 1–326, 770 figs. (published by the author).

——— 1952: Lyonsiidae, Poromyidae, Arcticidae and Gaimardiidae in Japan. Ill. Cat. Jap. Shell. 21, pp. 153–160, pl. 22.

——— 1953a: Descriptions of twelve new Japanese shells. Jap. Jour. Malac., vol. 17, pp. 130–144, 20 figs.

——— 1953b: Limopsidae and Arcidae (1) in Japan. Ill. Cat. Jap. Shell. 25, pp. 201–216, pls. 29, 30.

———1955: Pelecypoda and Scaphopoda. Fauna of Akkeshi Bay. Publ. Akkeshi Mar. Biol. Lab., pp. 1–31, pls. 1–7.

——— 1958a: Report on the mollusca chiefly collected by the S.S. Sôyô-maru of the Imperial Fisheries Experimental Station on the continental shelf boardering Japan during the years 1922–1930. part 3. Lamellibranchia (1). Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 6 (3), pp. 241–280, pls. 11–13.

——— 1958b: Ditto. Lamellibranchia (2). Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 7 (1), pp. 19–52, pls. 1–2.

——— 1961: Colored illustrations of the shells of Japan (II). 12+183 pp. +App. 42 pp., 66 pls. Osaka.

Hiro, F. 1938: Notes on the animals found on *Macrocheila kaempferi* de Haan. i. Cirripeds, ii. Molluscs. Annot. Zool. Jap. 17 (3–4), pp. 465–476, 5 figs.

Kira, T. 1959: Colored illustrations of the shells of Japan. pp. 9+239, 71 pls. 2nd ed., Osaka.

Kuroda, T. 1929–'35: An illustrated catalogue of the Japanese shells, pls. 1–16. Venus vols. 1–5, appendix, pp. 1–154.

——— 1934: On some rare shells from Sagami Bay collected by His Majesty, the Emperor of Japan. Venus vol. 4 (4), pp. 204–208.

——— 1943: *Akebiconcha*, a new pelecypod genus. Jap. Jour. Malac., vol. 13 (1–4), pp. 14–18, 3 figs.

——— 1948: Studies on Japanese species of *Cuspidaria*. Jap. Jour. Malac., vol. 15 (1–4), pp. 1–28, pls. 1–2.

———, and T. Habe, 1952: The check list and bibliography of the recent marine mollusca of Japan. pp. 1–210, 1 map.

———, and M. Horikoshi 1952: On two new species, *Periploma ovata* and *Offadesma nakamigawai* (Periplomatidae) Jap. Jour. Malac. 17 (1), pp. 16–22, figs. 1–3.

Ockrmann, W.K. 1958: The zoology of east Greenland, marine lamellibranchiata. Meddelesler om Grønland. Bd. 122, Nr. 4. pp. 1–256, pls. 1–3.

Oinomikado, T. and K. Kanehaea, 1938: A new species of *Calyptogena* from the Higashiyama oil-field, Niigata-ken, Japan. Jap. Jour. Geol. Soc., vol. 45 (539), pp. 677–678, pl. 21.

Okutani, T. 1957a: Two new species of bivalves from the deep water in Sagami Bay collected by the R.V. *Soyo-maru*.. Bull. Tokai Reg. Fisher. Res. Lab., 17, pp. 27–30, pl. 1.

——— 1957b: Notes on molluscan shells from the sea of Kashima-Nada. Survey Rept. Mar. Organ. their Radioactivities in the sea off the village of Tokai-mura, 1956. Contr. Dept. Health Physics., Jap. Atom. Ener. Res. Inst., pp. 81–87.

Oldroyd, I.S. 1924: The marine shells of the west coast of North America. Stanford Univ. Publ., Ser. Geol. Sci., vol. 1, Pelecypoda and Brachiopoda, 248 pp., 57 pls.

Otatume, K. 1942: On the occurrence of fossil *Calyptogena* from the Ishikari oil-field, Hokkaido. Jour. Geol. Soc. Jap., vol. 49 (590), pp. 435–437, pl. 16.

Otuka, Y. 1937: Occurrence of *Calyptogena pacifica* Dall. Jour. Geol Soc. Jap. 44 (522), p. 231, 1 fig.

Oyama, K. 1943: Familia Limidae. Conch. Asiat., vol. 1 (1), pp. 3–74, pls. 1–14.

——— 1951: Tentative classification of Cenozoic Taxodonta from Japan. Mineral. & Geol., ser. 23–24, pp. 1–156, 10 figs.

——— 1960: (ed.) *Lucinoma* (3). Molluscan shells, vol. 4, 30 sheets.

Ozaki, H. 1958: Stratigraphical and paleontological studies on the Neogene and Pleistocene formation of the Tyôshi District. Bull. Nat. Sci. Mus., 42, pp. 1–182, pls. 1–24.

Powell, A.W,B. 1937: New species of marine mollusca from New Zealand. Discovery Rept., pp. 153–222, pls. 45–56.

Prashad, B. 1932: The Lamellibranchia of the Siboga Expedition, pt. 2, Pelecypod. Siboga Exped., 53a, pp. 1–353, pls. 1–9.

Sars, G. O. 1878: Mollusca regionis arcticae Norvegiae; Bidrag til Kundskabenom Norges Arktiske Fauna I. pp. 1–446, pls. 1–52.

Smith, E.A. 1885: Report on the lamellibranchiate collected by H.M.S. Challenger during the years 1873–1876. Rept. Sci. Res. Chall. Exp., Zool., vol. 13, pp. 1–341, pls. 1–25.
———— 1895: Natural history notes from H.M. Indian marine survey steamer 'Investigator', Commander C.F. Oldham, R.N.-ser. ii, no. 19. Rept. upon the mollusca dredged in the Bay of Bengal etc. during the season 1893–94. Ann. Mag. Nat. Hist., 6th ser. vol. 16, pp. 1–19, pls. 1–2.
Suzuki, K. 1942: Three new species of non-marine shells from the Tertiary formation of Hokkaido and Karahuto. Jap. Jour. Geol. & Geogr. 18, pp. 53–58, pl. 4.
————, and K. Kanehara, 1936: On three forms of *Nuculana* from the Pleiocene of Japan. Jour. Geol. Soc. Jap., 43 (510), pp. 175–185, pl. 10.
Taki, Iw. and T. Habe, 1945: Classification of Japanese Pholadacea. Jap. Jour. Malac., vol. 14 (1–4), pp. 108–117.
———— and ———— 1950: Xylophaginidae in Japan. Ill. Cat. Jap. Shell. 7, pp. 45–47, figs. 1–7.
Thiele, J. 1935: Handbuch der systemmatischen Weichierkunde. Bd. II, pp.
———— and S. Jaeckel, 1931: Muschenlen der Deutschen Tiefsee Expedition. Wissenschaft. Ergebn. der Deutschen Tiefsee-Exp. auf dem Dampfer "Valdivia", 1898–1899, vol. 3, 21 (1), pp. 161–268, pls. 6–11.
Yamamoto, G. and T. Habe 1959: Fauna of shell-bearing mollusks in Mutsu Bay. Lamellibranchia (2). Bull. Mar. Biol. St. Asamushi, Tohoku Univ. vol. 9 (3), pp. 85–122, pl. 6–14.
Verrill, A.E. and K.J. Bush 1898: Revision of the genera of Ledidae and Nuculidae of the Atlantic coast of the United States. Amer. Jour. Sci., iii, pp. 51–63, 22 figs.
———— and ———— 1898: Revision of the deep water mollusca of the Atlantic coast of North America, with descriptions of new genera and species. Proc. U.S. Nat. Mus., vol. 20 (1139), pp. 775–901, pls. 71–97.

# 1955-1960 年蒼鷹丸によつて主として相模湾及びその南方海域から採集された深海性二枚貝類について

奥　谷　喬　司

## 要　　約

本報告は1957年以来，東海区水産研究所鰒資源科によつて実施されている海洋放射能調査航海において得られた底棲生物の同定を行なつたうち，比較的精査出来た二枚貝類についての査定結果である。本邦近海の深海底棲生物は 1842～1846 年の間，英国の *Challenger* 号が探検を行なつたのち，米国水産局調査船 *Albatross* 号が深海資源開発の目的で行なつた探検等の報告以外には殆ど知見がない。本報告は海洋生物及び海底沈積物の放射能レベル決定の資料整備と相俟つて深海底棲生物相の現在の種構成や分布等の生態を明らかにしておく必要からも纏められるものの一つである。

本報告で扱われた試料は主として放射能調査航海において蒼鷹丸により相模湾（T 線）及び房総南方海域（B線）から採集された標本であるが一部同船による他の調査航海において採集されたものも含み，従来多くの報告のなかつた 400 m 以深のもののみに限つた。

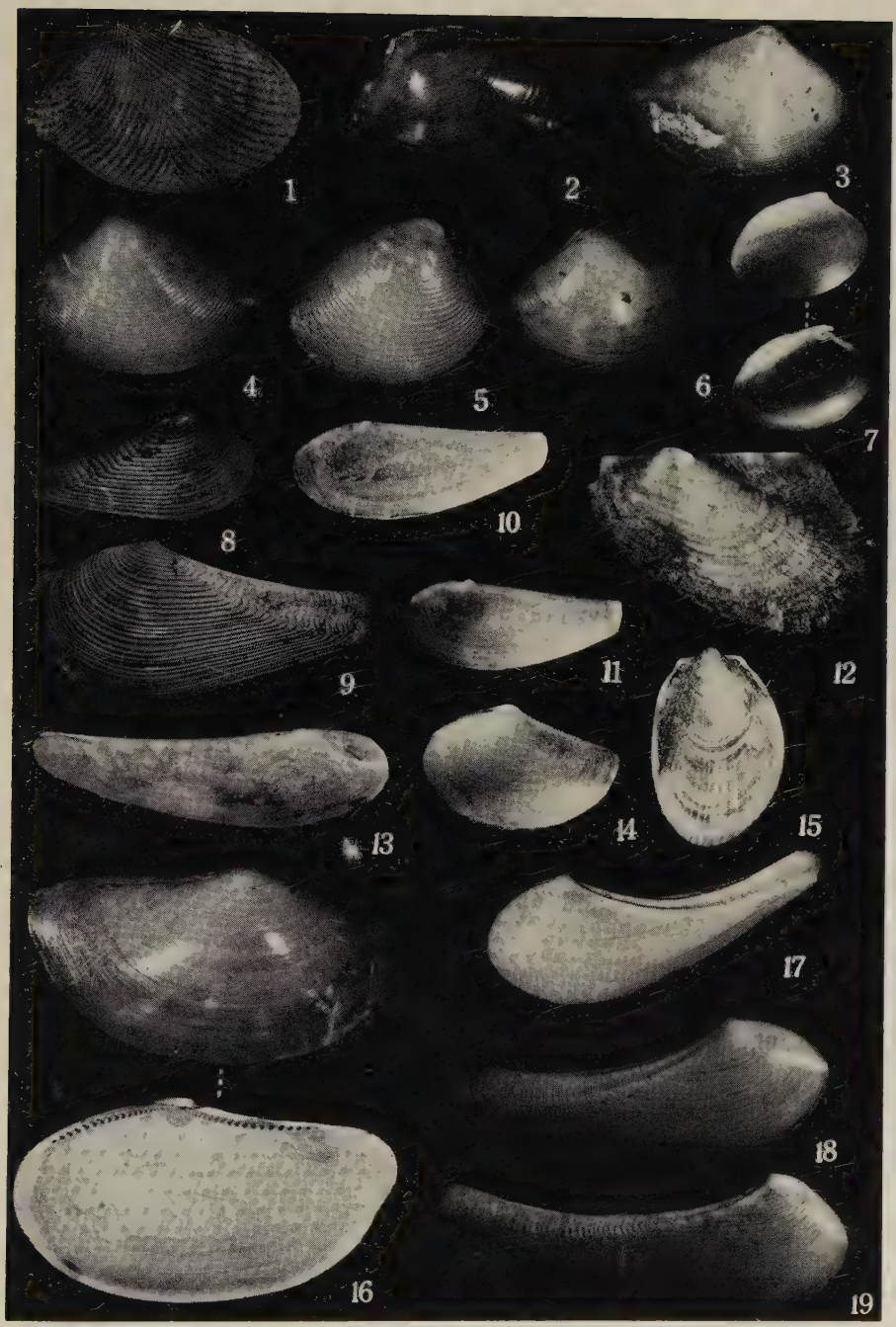
ここに報告された二枚貝は 65 種（亜種も含む）でこのうち 24 種は新種又は新亜種と認められ，既知種のうち7種は本邦近海から従来記録されていなかつたものである。全体としてみると主として北太平洋，一部北米岸或は南西太平洋にかけて共通的因子が多いように見うけられたが，生物地理的考察は後日なお他の群が精査されてからのちにゆずり，ここでは出現種の記録にとどめた。

# Plates

## Plate I

1. *Acila* sp. from St. T29 (April 8, 1958), 620–780 m.: 21.5×19.4 mm.
2. *Ennucula mirifica* Dall
   St. T28′ (January 19, 1959), 1190–1220 m.: 16.4×11.0 mm.
3. *Neilonella japonica*, n. sp.
   St. T28 (November 16, 1958), 1385–1360 m.: 6.4×4.5 mm.
4. *Tindaria similis*, n. sp. [Holotype]
   St. b (November 8, 1959), 3150–3350 m.: 6.1×4.7 mm.
5. *Lamellinucula gemmulata* Habe
   St. B2 (March 9, 1959), 1230–1350 m.: 4.9×3.9 mm.
6. *Neilonella japonica*, n. sp.
   St. T28 (November 16, 1958), 1360–1385 m.: 6.0×4.6 mm.
7. *Ennucula niponica* (Smith)
   St. 2 (November 12, 1955), 700–750 m.: 12.8×8.7 mm.
8, 9. *Nuculana* (*Thestyleda*) *sagamiensis*, n. sp. [Paratypes]
   St. T28 (November 16, 1958), 1360–1385 m.: 8. 13.0×6.1; 9. 19.0×9.1 mm.
10, 11. *Nuculana ikebei* Suzuki et Kanehara
   St. 2 (November 12, 1955), 700–750 m.: 10. 12.0×5.0; 11. 9.8×4.1 mm.
12. *Bentharca pterossa* (Smith)
   St. b (November 8, 1959), 3150–3350 m.: 10.7×6.0 mm.
13. *Nuculana* (*Poroleda*) *soyomaruae*, n. sp. [Holotype]
   St. 72 (February 8, 1958), 730–760 m.: 20.0×5.0 mm.
14. *Neilonella tibana* Oyama (MS)
   St. 2 (November 12, 1955), 700–750 m.: 12.1×8.2 mm.
15. *Limatula abyssicola*, n. sp. [Holotype]
   St. B2 (March 9, 1959) 1230–1350 m.: 6.0×9.0 mm.
16. *Portlandia* (*Portlandella*) *lischkei* (Smith)
   St. T28 (October 3, 1957), 1320–1400 m.: 23.1×12.8 mm.
17, 18. *Nuculana* (*Thestyleda*) *subscalata*, n. sp. [Paratypes]
   St. B2 (March 9, 1959), 1230–1350 m.: 17. 12.0×5.0; 18. 11.2×4.7 mm.
19. *Nuculana* (*Thestyleda*) *sclata* Prashad
   St. 72 (February 8, 1959), 730–760 m.: 17.0×6.1 mm.

Plate I



## Plate II

1, 2. *Propeamussium watsoni bayonnaisense*, n. subsp. [Holotype]
St. B4 (July, 5, 1960), 2140–2150 m.: 40×44 mm.

3. *Halicardia nipponensis* Okutani [Holotype]
St. 2 (November 12, 1955), 700–750 m.: 30×29 mm.

4. *Limopsis uwadokoi* Oyama
St. 17 (July 25, 1960), 870 m.: 40.7×34.0 mm.

5. *Limopsis obliqua* A. Adams
St. 2 (November 12, 1955), 700–750 m.: 25.4×23.8 mm.

6. *Cyclopecten nakaii*, n. sp. [Holotype]
St. T29′ (March 17, 1959) 580–790 m.: 10.5×10.5 mm.

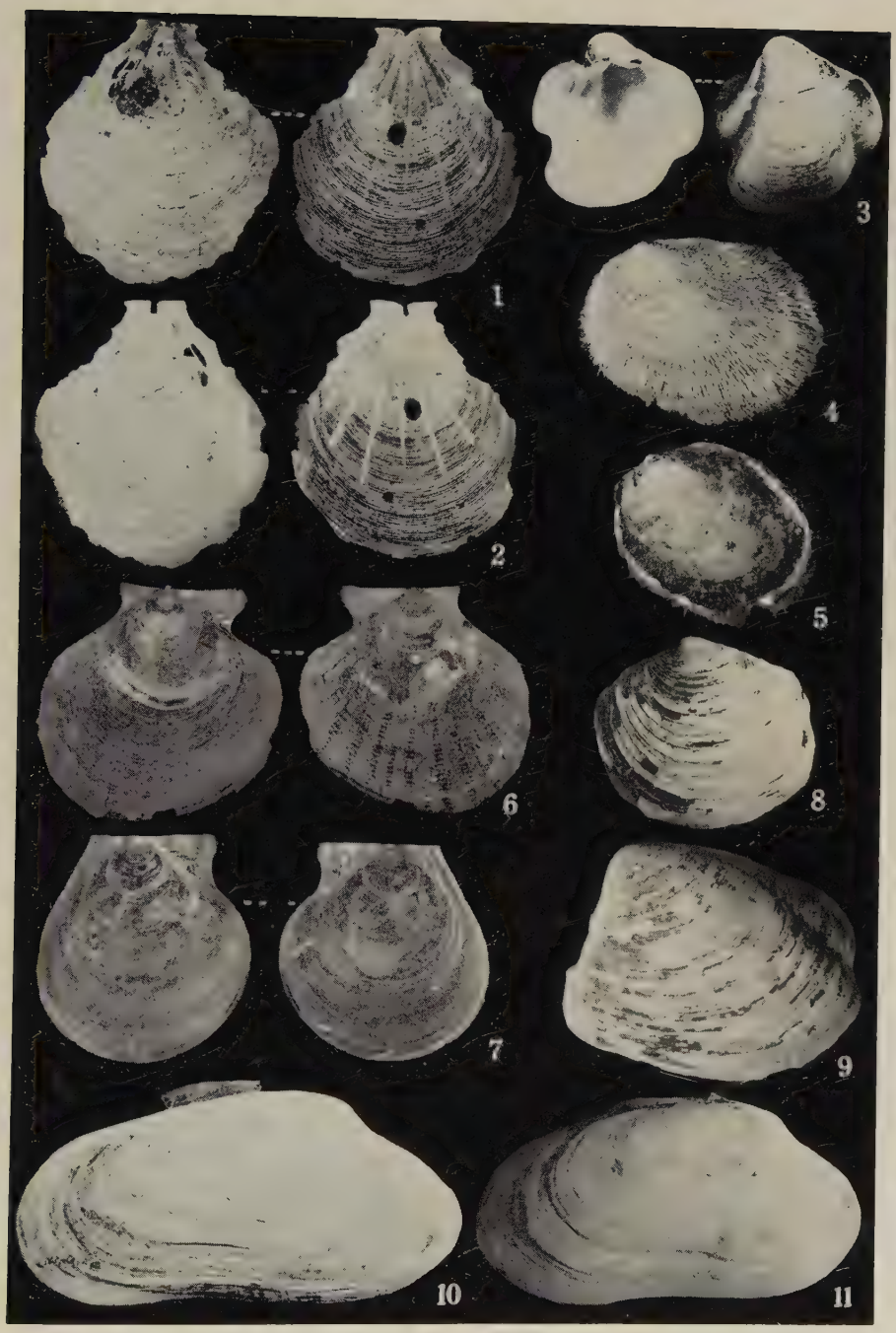
7. *Delectopecten macrocheilicola* Habe
St. 72 (February 8, 1959), 730–760 m.: 15.0×16.0 mm.

8. *Lucinoma yoshidai* Habe
St. 2 (November 12, 1955), 700–750 m.: 41×36 mm.

9. *Conchocele disjuncta* Gabb
St. T29 (November 15, 1958), 710–770 m.: 81×70 mm.

10, 11. *Calyptogena soyoae* Okutani
10. St. T29 (November 15, 1958), 710–770 m.: 125×61 mm.;
11. [Holotype], St. 2 (November 12, 1955), 700–750 m.: 106×55 mm.

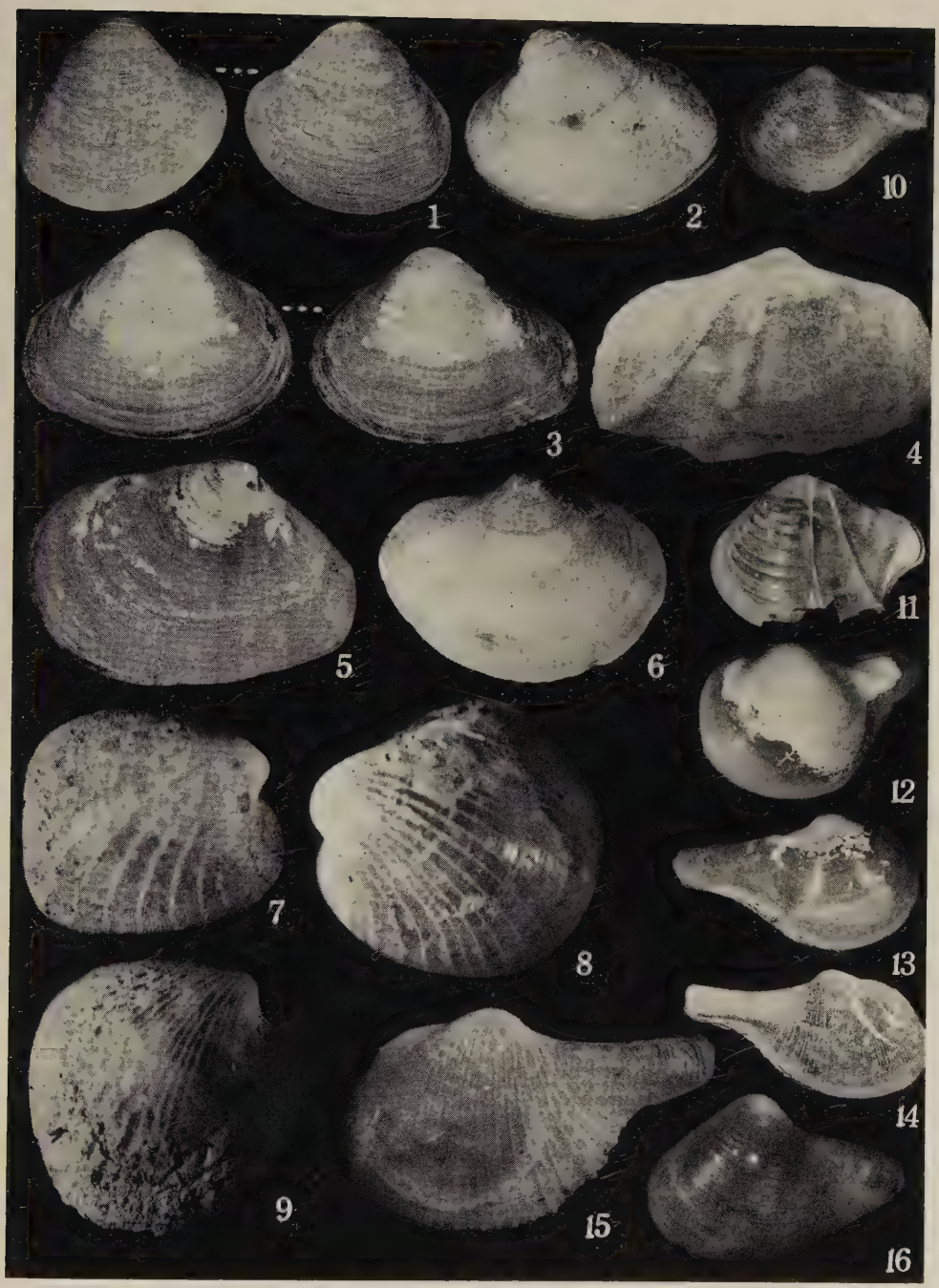
Plate II



## Plate III

1. *Vesicomya nakaii*, n. sp. [Holotype]
   St. 72 (February 8, 1959), 730–760 m.: 10.0×8.7 mm.
2. *Vesicomya katsuae* Kuroda
   St. 17 (July 25, 1960), 870 m.: 11.3×9.2 mm.
3. *Dermatomya sagamiensis*, n. sp. [Holotype]
   St. 2 (November 12, 1955), 700–750 m.: 13.9×10.9 mm.
4. *Lyonsia* (*Allogramma*) *oahuënsis* Dall
   St. B2 (March 9, 1959), 1230–1350 m.: 14.1×8.5 mm.
5. *Periploma* (*Halistrepta*?) *pacifica*, n. sp. [Holotype]
   St. B2 (March 9, 1959), 1230–1350 m.: 13.5×10.0 mm.
6. *Periploma* (*Aperiploma*) *otohimeae* Habe
   St. T28′ (January 19, 1959) 1190–1220 m.: 22.5×16.7 mm.
7. *Lyonsiella parva*, n. sp. [Paratype]
   St. B2 (March 9, 1959), 1230–1350 m.: 4.6×3.1 mm
8. *Lyonsiella pilula* Prashad
   St. B2 (March 9, 1959) 1230–1350 m.: 14.5×9.0 mm.
9. *Lyonsiella media*, n. sp. [Holotype]
   St. 51 (November 10, 1958) 1560 m.: 7.4×7.9 mm.
10. *Cuspidaria* (*Rhinoclama*) *dubia* Prashad
    St. 51 (November 10, 1958) 1560 m.: 7.8×5.9 mm.
11. *Cuspidaria* (*Myonera*) *dispar* Dall, Partch et Rehder
    St. 72 (February 8, 1959), 730–760 m.: 8.9×7.3 mm.
12. *Cuspidaria kyushuensis*, n. sp. [Holotype]
    St. 72 (February 8, 1959), 730–760 m.: 12.0×8.0 mm.
13. *Cuspidaria* (cf.) *mitis* Prashad
    St. T29 (November 15, 1958), 710–770 m.: 12.5×7.0 mm.
14, 15. *Cuspidaria* (*Cardiomya*) *abyssicola nipponica*, n. subsp.
    14. St. 2 (November 12, 1955), 700–750 m.: 11.1×6.0 mm.;
    15. [Holotype], St. T29 (November 15, 1958), 710–770 m.: 21.9×12.4 mm.
16. *Cuspidaria obtusirostris*, n. sp.
    St. 17 (July 25, 1960), 870 m.: 13.3×8.9 mm.

Plate III



## Plate IV

1–1a. *Vesicomya nakaii*, n. sp. [Holotype]
St. 72 (February 8, 1959), 730–760 m.: 10.0×8.7 mm.

2. *Periploma* (*Halistrepta*?) *pacifica*, n. sp. [Paratype]
St. B2 (March 9, 1959), 1230–1350 m.: 10.5×8.1 mm.

3. *Lyonsiella media*, n. sp.
St. T29 (April 8, 1958), 620–780 m.: 6.5×6.0 mm.

4. *Nuculana* (*Thestyleda*) *sagamiensis*, n. sp.
St. T28 (October 3, 1957), 1320–1470 m.: 12.5×6.3 mm.

5. *Nuculana* (*Poroleda*) *soyomaruae*, n. sp. [Holotype]
St. 72 (February 8, 1959), 730–760 m.: 20.0×5.0 mm.

6. *Neilonella japonica*, n. sp. [Paratype]
St. T28 (October 3, 1957), 1320–1470 m.: 5.3×4.7 mm.

7. *Thyasira* (*Parathyasira*) *hexangulata* [Paratype]
St. T28 (November 16, 1958), 1360–1385 m.: 5.2×5.8 mm.

8–8b. *Leptaxinus* (?) *elegans* n. sp. [Paratype]
St. T28 (November 16, 1958), 1360–1385 m.: 5.3×4.5 mm. (a: anterior, p: posterior)

9. *Thyasira* (*Philis*?) *imamurai*, n. sp. [Holotype]
St. 72 (February 8, 1959) 730–760 m.: 8.0×7.3 mm.

10. *Axinulus kelliaeformis*, n. sp. [Holotype]
St. 2 (November 12, 1955), 700–750 m.: 6.0×5.5 mm.

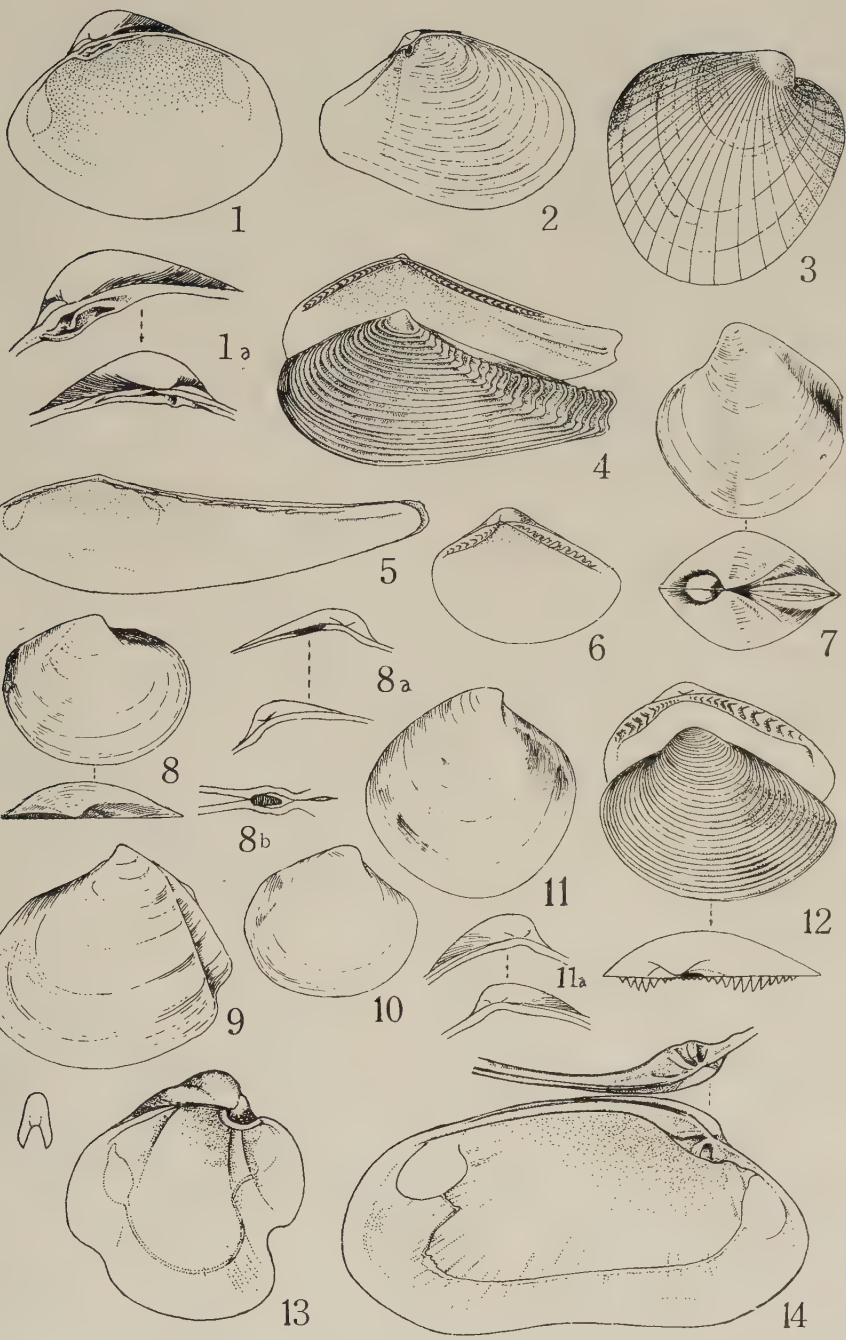
11. *Axinulus simplex* (Verrill et Bush)
St. T29 (November 15, 1958), 710–770 m.: 7.5×7.5 mm.

12. *Tindaria similis*, n. sp. [Paratype]
St. b (November 8, 1959), 3150–3350 m.: 6.1×4.7 mm.

13. *Halicardia nipponensis* Okutani [Holotype]
St. 2 (November 12, 1955), 700–750 m.: 29.0×30.0 mm.

14. *Calyptogena soyoae* Okutani [Holotype]
St. 2 (November 12, 1955), 700–750 m.: 106.0×55.0 mm.

**Plate IV**



## Plate V

1–1a. *Cyclopecten bistriatus* (Dall)
St. T28 (November 16, 1958), 1360–1385 m.: 5.0×5.0 mm.

2–2a. *Cyclopecten nipponensis*, n. sp. [Paratype]
St. B2 (March 9, 1959), 1250–1350 m.: 7.8×7.8 mm.

3–3a. *Cyclopecten nakaii*, n. sp. [Paratype]
St. 29′ (March 17, 1959), 570–810 m.: 8.0×8.3 mm.

4–4a. *Delectopecten profundicola*, n. sp. [Paratype]
St. b (November 8, 1959), 3150–3350 m.: 5.4×5.7 mm.

5–5a. *Cuspidaria obtusirostris*, n. sp.
St. T29 (April. 8, 1958), 620–780 m.: 13.5×8.0 mm.

6–6a. *Cuspidaria* (*Cardiomya*) *abyssicola nipponica*, n. subsp.
St. T29 (November 15, 1958), 710–770 m.: 20.0×12.0 mm.

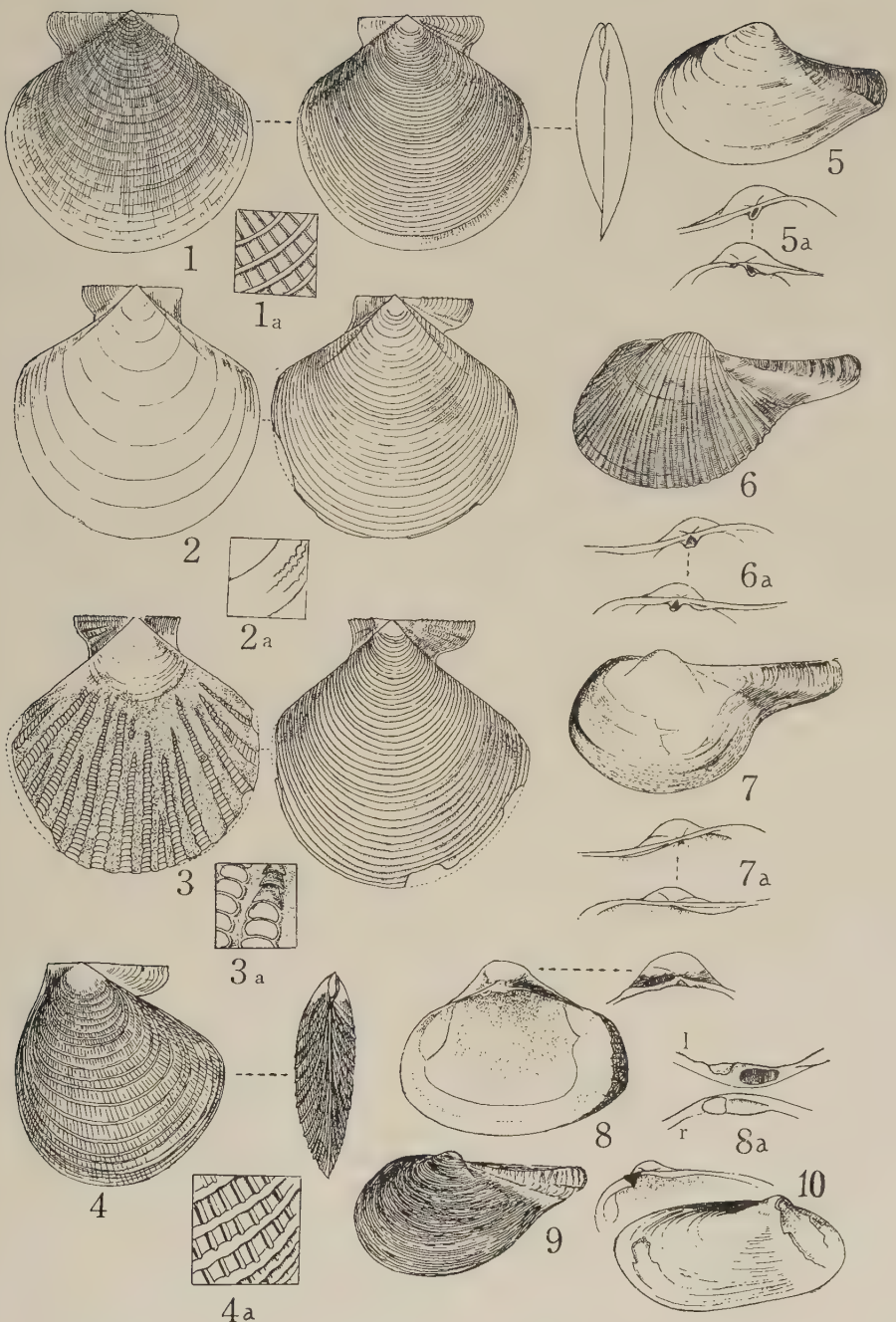
7–7a. *Cuspidaria* (cf.) *mitis* Prashad
St. T29 (November 15, 1958), 710–770 m.: 13.0×7.0 mm.

8–8a. *Dermatomya sagamiensis*, n. sp. [Holotype]
St. 2 (November 12, 1955), 700–750 m.: 13.9×10.9 mm (r: right, l: left)

9. *Cuspidaria* (*Myonera*) sp.
St. 72 (February 8, 1959), 730–760 m.: 11.0×7.0 mm.

10. *Tellimya japonica*, n. sp. [Holotype]
St. B5 (November 16, 1960), 2280 m.: 8.5×4.6 mm.

**Plate V**



| Species number | Area | (Archiber |
|---|---|---|
| | Station, depth (m), date | 2 700–750 12/XI/55 | T 24 450 4/X/57 | T 29 620–780 8/IV/58 | T 29 [illegible] |
| 1 | *Acila* (*Acila*) sp. | | | * | |
| 2 | *Acila* (*Truncacila*) *minutoides* Kuroda et Habe | | | | |
| 3 | *Ennucula niponica* (Smith) | * | | * | |
| 4 | *Ennucula mirifica* (Dall) | | | | |
| 5 | *Ennucula cyrenoides* (Kuroda) | | | | |
| 6 | *Lamellinucula gemmulata* (Habe) | | | | |
| 7 | *Tindaria similis*, n. sp. | | | | |
| 8 | *Neilonella japonica*, n. sp. | * | | | |
| 9 | *Neilonella tibana* Oyama (MS) | | | * * | |
| 10 | *Nuculana* (*Nuculana*) *ikebei* Suzuki et Kanehara | * | | * * | |
| 11 | *Nuculana* (*Thestyleda*) *scalata* Prashad | | | | |
| 12 | *Nuculana* (*Thestyleda*) *subscalata*, n. sp. | | | | |
| 13 | *Nuculana* (*Thestyleda*) *sagamiensis*, n. sp. | * | | | |
| 14 | *Nuculana* (*Poroleda*) *soyomaruae*, n. sp. | | | | |
| 15 | *Portlandia* (*Portlandella*) *lischkei* (Smith) | * | * * | * | |
| 16 | ? *Megayoldia* sp. cf. *thraciaeformis* (Storter) | | | | * |
| 17 | *Bentharca pterossa* (Smith) | | | | |
| 18 | *Bathyarca nipponica*, n. sp. | | | | |
| 19 | *Limopsis uwadokoi* Oyama | | | | |
| 20 | *Limopsis obliqua* A. Adams | * | | | |
| 21 | *Pectunculina oblonga* (A. Adams) | | | | |
| 22 | *Solamen diaphana* (Dall) | | | | |
| 23 | *Propeamussium watsoni bayonnaisense*, n. subsp. | | | | |
| 24 | *Delectopecten macrocheilicola* (Habe) | | | | |
| 25 | *Delectopecten profundicola*, n. sp. | | | | |
| 26 | *Cyclopecten nipponensis*, n. sp. | | | | |
| 27 | *Cyclopecten bistriatus* (Dall) | | | | * |
| 28 | *Cyclopecten nakaii*, n. sp. | | | | |
| 29 | *Limatula sibogai* Prashad | | | | |
| 30 | *Limatula abyssicola*, n. sp. | | | | |
| 31 | *Vesicomya katsuae* Kuroda | | | | |
| 32 | *Vesicomya nakaii*, n. sp. | | | | |
| 33 | *Calyptogena soyoae* Okutani | * | | | * |
| 34 | *Akebiconcha kawamurai* Kuroda | * | | | |
| 35 | *Conchocele disjuncta* Gabb | | | | * |
| 36 | *Thyasira* (*Philis*) *kanamarui* Habe | | | | |
| 37 | *Thyasira* (*Philis* ?) *imamurai*, n. sp. | | | | |
| 38 | *Thyasira* (*Parathyasira*) *hexangulata*, n. sp. | | | | |
| 39 | *Axinulus kelliaeformis*, n. sp. | * | | | |
| 40 | *Axinulus simplex* Verrill et Bush | | | | * |
| 41 | *Leptaxinus* (?) *elegans*, n. sp. | | | | |
| 42 | *Lucinoma yoshidai* Habe | * | | | |
| 43 | *Tellimya japonica*, n. sp. | | | | |
| 44 | *Macoma calcarea* (Gmelin) | * | | | * |
| 45 | *Neoxylophaga rikuzenica* Iw. Taki et Habe | | | | |
| 46 | *Metaxylophaga supplicata* Iw. Taki et Habe | | | * | |
| 47 | *Lyonsia* (*Allogramma*) *oahuënsis* Dall | | | | |
| 48 | *Lyonsiella pilula* Prashad | | | | |
| 49 | *Lyonsiella parva*, n. sp. | | | | * |
| 50 | *Lyonsiella media*, n. sp. | | | * | * |
| 51 | *Myodora fluctuosa* (Gould) | | | | |
| 52 | *Periploma* (*Aperiploma*) *otohimeae* Habe | | | | |
| 53 | *Periploma* (*Halistrepta* ?) *pacifica*, n. sp. | | | | |
| 54 | *Halicardia* (*Halicardia*) *nipponensis* Okutani | * | | * | |
| 55 | *Dermatomya* (*tenuiconcha* Dall, var ?) *sagamiensis*, n. sp. | * | | * | * |
| 56 | *Cuspidaria* (*Cuspidaria*) *mitis* Prashad | | | * | * |
| 57 | *Cuspidaria* (*Cuspidaria*) *kawamurai* Kuroda, var. | | | | |
| 58 | *Cuspidaria* (*Cuspidaria*) *obtusirostris*, n. sp. | | | * * | * |
| 59 | *Cuspidaria* (*Cuspidaria*) *kyushuensis*, n. sp. | | | | |
| 60 | *Cuspidaria* (*Cardiomya*) *gouldiana septentrionalis* Kuroda | | | | |
| 61 | *Cuspidaria* (*Cardiomya*) *abyssicola nipponica*, n. subsp. | * | | * * | * |
| 62 | *Cuspidaria* (*Rhinoclama*) *dubia* Prashad | | | | |
| 63 | *Cuspidaria* (*Pseudonearea*) *iridella* Kuroda | | * | | |
| 64 | *Cuspidaria* (*Myonera*) *dispar* Dall, Bartch et Rehder | | | | |
| 65 | *Cuspidaria* (*Myonera*) sp. | | | | |

* Shows occurrence of 1 to 10 individuals per haul; ** 11 to 100 individu

Note :— Species numbers correspond to those in the text.

**ppendix Table** Occurrence of archibenthal and abyssal species by station and by region

| Sagami Bay | | |

| of Boso Peninsula<br>pe of Japanese Trench)<br>: deeper than 1,000 m) | | | | | Sea of Kashima-Nada | | West off Kyushu | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| b<br>3150–3350<br>8/XI/59 | B2<br>1320<br>4/III/60 | B4<br>2140–2150<br>5/VII/60 | B5<br>2280<br>16/XI/60 | | 17<br>870<br>25/VII/60 | | 72<br>730–760<br>8/II/59 | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | * | | | |
| | | | | | * | | * | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | * | |
| | | | | | | | | |
| * | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | * * | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | * | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | * | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| * * | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | * * * | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | * | | | |
| | | * | | | | | | |
| | * | | | | | | * | |
| * | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | * | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | * | | | |
| | | | | | | | * | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | * | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | |

# Diet of the Common Squid, *Ommastrephes sloani pacificus* Landed around Itō Port, Shizuoka Prefecture

Takashi Okutani

This is a brief account on the results of an examination of the stomach contents of the Japanese common squid, *Ommastrephes sloani pacificus* Steenstrup. The present materials were obtained from catches landed in the neighborhood of Itō Port on the east side of Izu Peninsula during 1955 to 1960. The work was carried out in association with morphometric survey of the common squid in Tokai Region, one of the research projects that the Sardine Resources Division, Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, has been conducting in cooperation with Itō Branch of the Shizuoka Prefectural Fisheries Experimental Station for the cooperative investigations on neritic-pelagic fisheries resources.

Thanks are due to Dr. Z. Nakai, Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, under whose guidance this survey was made. Many thanks are extended to the staff members of Itō Branch of the Shizuoka Prefectural Fisheries Experimental Station for their efforts in collecting the materials. The present author is greatly indebted to his colleagues in the Sardine Resources Division of the Laboratory for their help in treatment of specimens as well as for their valuable suggestion in identification of the stomach contents.

## Material

The examined materials were 790 stomach specimens from 54 samples of the squid (Fig. 1). Before examination of the stomach contents, measurement was taken as to the body weight, mantle length, gonad weight, and nidamental gland length. The stomach contents after removal from the alimentary canal were weighed and closely examined under the microscope.

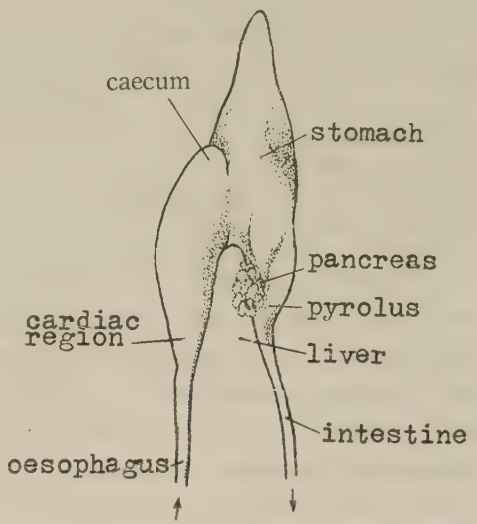



**Fig. 1.** Rough sketch of the stomach of *Ommastrephes sloani pacificus*

## Quantitative results

Out of the whole materials under study, 36.8 percent (291 specimens) were

* Received October 25, 1961. Contribution A No. 161 from the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory

observed to have empty or nearly empty (the contents weighing less than 0.1 g) stomachs. Among 499 stomach specimens which had food more than 0.1 g, 96 (19.5 %) presented a large amount of diet higher than 1 percent of the body weight. Therefore, nearly half of the whole material (50.5%) or almost all of the food-taking specimens (80.5%) had contents weighing less than 1 percent of the body weight.

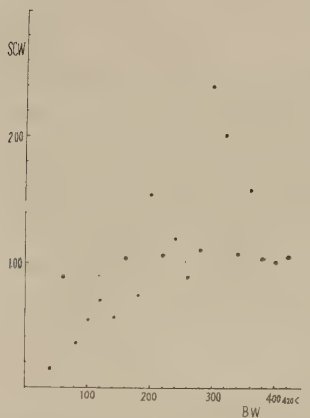



**Fig. 2.** Relationship between body weight (BW) and mean weight of stomach contents (SCW) of *Ommastrephes sloani pacificus* from Itō fishing ground, 1955–60.

As is shown in Fig. 2, the amount of stomach contents tends to increase in accordance with the growth of the squid. However, such a tendency becomes obscure after the body weight attains larger than 300 g. Although sampling was made in every season of the year, distinct seasonal difference was found neither in the rate of the empty to the full stomach nor in the proportion of the food weight to the body size. When the ratio of the stomach contents weight to the body weight was calculated by body weight class, the average value for each class changed from 0.0015 to 0.0827 with no appreciable trend among the specimens.

The stomach contents may be roughly divided into fish, crustaceans, squid, mixture of some of these, and unidentifiable colloidal substances. No vegetable matter was found. In accordance with the major component of the diet, the present specimens of the squid may be classified into four groups with their respective percentages as follows:

| *Group* | *To the total specimens* | *To the food-presenting specimens* |
|---|---|---|
| Piscivorous | 34.9% | 50.9% |
| Crustacivorous | 6.0 | 8.9 |
| Cannibalistic (or molluscivorous) | 9.8 | 6.9 |
| Unidentifiable substances | 17.8 | 33.3 |

In order to grasp the metric relation of the above mentioned three groups of diet, total weights were summed up by group. In some cases a small percent of the stomach contents consisted of unidentifiable material. These minor components were neglected when characterising, but not when weighing the contents. The total fish meat that was intaken by the squid under study was weighed 865.05 g, crustacean remains and molluscan (squid) remains were weighed 53.85 g and 83.84 g in wet weight, respectively. Hence, the ratio of crustaceans: mollusca: fish is roughly 0.6 : 1 : 10 in wet weight. Thus, there is a tendency that piscivorous specimens apparently take a larger quantity of food than the other groups. The largest quantity measured in the present survey was 46.7 g taken by a piscivorous squid weighing 260 g.

## Qualitative results

With careful examination under the microscope, the squid diet was roughly classified, as mentioned above, into fish, crustaceans, cephalopodan mollusca and others. The qualitative accounts are described below:

**(1) Fish:**

In most cases, fishes intaken by the common squid are completely masticated. At a glance, the fishy contents usually present grayish brown color and a scaly appearance. Sometimes they are dyed black with squid's ink. The materials are recognized as fish by remains of hard tissue such as fragments of vertebral spines, centra, crania, vomers, opercles, eye balls, fin rays, and scales. The last one is the most important mark for identification of fish group.

Ctenoid scales occurred most frequently followed by cycloid scales. A close examination suggested that they came from Myctophid fishes. The deduction may be quite reasonable as a large population of *Myctophum* or their relatives are frequently hauled from the area by mid-layer plankton collection. Among these scales, 18 examples of Clupeoid-type scales were found mingled with the others, but clearly distinguishable from the latter by their characteristic parallel ridges. Mr. K. Kondo, a fishery biologist of the Laboratory*, identified them as scales of the anchovy, *Engraulis japonica*. Beside them, a few scales which resembled those of saury were found, though they still remain unidentified.

**(2) Crustaceans:**

It is well known that the cephalopodan mollusca preys upon crustaceans as well as on mollusca, and occasionally also on fish. The stomach filled with crustacean fragments shows reddish orange in color.

The crustacean remains are distinguished by eyes, fragments of segments, chelipeds and sometimes those of abdomen. Most of identifiable specimens were *Megalopa* of brachyuran decapods to be discriminated by their peculiar type of eyes with stalks as well as chelipeds. Except *Megalopa*, no other decapods were recognized as far as the present materials were concerned.

Amphipoda stood in the second rank among crustaceans. Seven examples were decidedly identified to be amphipods. Calanoid copepods also occurred, but in a small number. Among them only *Calanus darwinii* and *Euchirella* sp. could be discriminated by Mr. K. Honjo, a planktonogist of the Laboratory.**

*Cypris* larvae were another crustacean found from 5 stomach specimens. However, they are considered to be a part of the food of fish which were already eaten by the squid. *Cypris* larvae are too small to be caught by squid and are very frequently found undigested in the stomach of fish.

---

* To whom the present author owes many thanks for identification of fish scales.

** To whom many thanks are extended for identification of Copepoda.

**(3) Cephalopodan mollusca:**

The cephalopods eaten by the common squid are identified by fragments of beaks, phragmocones, chitinous rings of the suckers, and remains of arms and pigmented skins. It has been established that *Ommastrephes* preys on the same species (cannibalism). Although few fragments of the body identifiable as the prey animal were found in the stomach contents, the characteristic chitinous rings of the sucker obtained were proved to be of *Ommastrephes sloani pacificus*. Cannibalism of the species is shown by the presence of beaks and phragmocones in the stomach contents. But the arms or pieces of meat might be ingested on some occasions during copulation, fighting and feeding.

From the quantitative point of view, the molluscivorous group was constituted 9.8 percent of the total. It is presumed, however, that some of 'unidentifiable' substances, which are usually yellowish colloidal, should be partialy digested molluscan meat.

**(4) Other prey animals:**

Some macroplankton were found from the diet of the common squid mingled with the three kinds of food mentioned above. Chaetognaths were found from 7 specimens. *Sagitta* sp. was identified by hooks that remained undigested. Planktonic polychaetous annelids were found from 3 specimens. One of them was *Tomopteris pacifica*, while the others not identified had some setae preserved. Gastropodan larvae two squids preyed on were all *Macgillivrayia* type which are larval shell of *Tonna* that are very common in the sublittoral waters of the Pacific coasts. One of squids ingested 28 specimens of this coiled shell.

Among the squids under study, 17 were found to have eaten spermatophores of their own species. These materials, though they are not regarded as 'diet', might be swallowed during or after copulation. They are usually one to three in number and changed to an opaque yellow in color.

## Discussion

There are several published works concerning the food of *Ommastrephes sloani pacificus*. Abridged comparisons of the present result and the previous works are tabulated below.

As is seen in the following table, all the workers reported three components of the diet of common squid, *i.e.*, fish, crustaceans and squid of the same species (cannibalism). The proportion of these food organisms in the squid stomach contents considerably varies by reporter. This may suggest that the common squid does not select a particular prey. Instead, it preys upon whatever animals of an appropriate size that come in sight. Whereas, the size of food organisms is apparently always smaller than the predator, but large enough to be recognized by the common squid.

**Table 1.** Comparison of the diet of the common squid hitherto reported and under study

| Author | Locality | Season | Diet |
|---|---|---|---|
| Sasaki (1921) | Various | — | Fish (70%), squid (20%), crustaceans etc. (10%); plankton (for smaller than 85 mm) |
| Koga (1928) | Hokkaido | Around Sept. | Sardine (the most), squid and crustaceans |
| Kawana (1929) | 〃 | Nov.~Dec. | Evening: Crustacea (15.6%), sardine (19.0%) Morning: Crustacea (3.0%), sardine (7.0%) |
| Isahaya (1930) | 〃 | July~Dec. | Sardine, Euphausia*(?) and mixed |
| Soeda *et al.* (1953) | 〃 | Winter~spring | Crustacea (mostly *Themisto* for smaller than 150 mm), fish and common squid |
| Soeda (1956) | 〃 | Spring~summer | Small fish including sardine and mackerel, crustaceans (*Themisto* & *Mysis*), squid |
| Yasuda (1956) | NE Honshu | ? | Planktonic crustaceans, common squid, fish including anchovy and sand lance (8.5–11.7%) |
| Present survey | Itō (Mid-Honshu) | All the year | Fish (mostly Myctophidae), squid, crustaceans (mostly *Megalopa*) and other macroplankton (10 : 1 : 0.6 : 0+) |

* Reported under a vernacular name of *isada* which has been loosely used for small sized shrimp-like crustaceans, *e.g.*, *Euphausia*, *Mysis*, etc.

Therefore, the range of the size of the preys may fall between small fish, planktonic crustaceans of a considerable size and at least some macroplankton. Then, fish is presumably regarded as the most abundant prey in the habitat (or fishing ground) of the common squid.

Kawana (*l.c.*) found a quantitative difference in stomach contents by fishing time. Though the present specimens have been sampled at random from the catches landed in the vicinity of Itō, any significant conclusion has not been drawn from that point. According to the present result, however, a general idea of the quantitative aspects of its food is this. The diet of the common squid increases in accordance with the growth until it attains to a certain size. Although its food intake seldom exceeds over 1.0 percent of the body weight, the quantity of the food is never uniformal even within the same sample of squid.

Itō (1956) suggested a serious damage of young sardine population possibly made by the common squid in the Japan Sea. Nevertheless, such a fatal predation was not observed as far as the present materials were concerned. Furthermore, one of the remarkable findings is that the squid mainly preys upon lantern fishes and brachyuran larva (*Megalopa*) which may have considerable stocks in the area investigated in the present work.

## Literature cited

Isahaya, T., (1930): Common squid survey by the R.V. Tankai-Maru, No. 5 (*Dai-5 Tankai-maru surume-ika chôsa*). *10 Day Rept. Hokkaido Fisher. Exp. St.* 121: 7–12.

Itō, S., (1956): How many young sardines damaged by cuttle-fishes? *Ann. Rept. Japan Sea Reg. Fisher. Res. Lab.*, 3: 53–59.

Kawana, T., (1929): Common squid survey by the R.V. Tankai-Maru. (*Tankai-maru surume-ika chôsa sôkatsu*). *10 Day Rept. Hokkaido Fisher. Exp. St.* 62: 5–8; 63: 1–7.

Koga, H., (1928): Survey report of common squid in Hiyama District (*Hiyama-Shichô kannai surume-ika chôsa*). *ibid.*, 21: 6–10.

Sasaki, M., (1921): On the life history of an economic cuttlefish of Japan, *Ommastrephes sloani pacificus*. *Trans. Wagner Free Inst. Sci. Philadelphia*, vd. ix, pt. 2 (transl. by Dr. Hamabe).

Soeda, J., (1956): Studies on the ecology and breeding habits of the squid, *Ommastrephes sloani pacificus* (Steenstrup). *Bull. Hokkaido Reg. Fisher. Res. Lab.* 14: 1–24.

Soeda, J., Araya, H., Otsuki, T., and Nishimura, M. (1953): Survey report on the stock of *Ommastrephes sloani pacificus*, No. 1 (No. 4 of the survey rept. on fisher. resources in Hokkaido). *Hokkaido Reg. Fisher. Res. Lab.* & *Hokkaido Fisher. St.*: 1–67.

Yasui, T., (1956): Stomach contents of common squid off Hachinoe with reference to environment. Tohoku Reg. Fisher. Res. Lab. (cited by Ito).

## 静岡県伊東漁場から漁獲されたスルメイカの食性について

奥谷喬司

### 要　約

沿岸重要資源調査の一環として静岡県水産試験場伊東分場に委託実施しているスルメイカ資源調査によつて，昭和 30～35 年の間，伊東漁場漁獲物から採集された 790 個体の胃内容物を調査し次のような結果を得た。

1. 全試料中，空胃（又は胃内容物が 0.1 g に満たないもの）は全体の 36.8% で，又，体重の 1% 以上も多量の餌を摂つているものは 12.7% であつた。
2. 胃内容物の量は調べた範囲では体重の増加につれて増しているが，体重 300 g に達するとその相関的な関係は不明瞭になる。
3. 内容物は大別して，魚類・甲殻類及び頭足類（共食）になるが，その概略の個体数の比率は次のようになる。

| | 全標本の | 摂餌標本の |
|---|---|---|
| 魚食群 | 34.9% | 50.9% |
| 甲殻類食群 | 6.0 | 8.9 |
| 軟体類食群(共食) | 9.8 | 6.9 |
| 同定不能の餌 | 17.8 | 33.3 |

又，全試料について湿重量を総計してみると甲殻類：軟体類：魚類＝0.6：1：10 の比率となる。(この場合混食している微量の他成分は無視した)。

4. 胃内容物中に現われる魚類は，甚だしく粉砕されているので不消化で残された硬組織片によつて識別された。特に鱗によつてみると 18 例のイワシ類を認めた外は殆んどハダカイワシ類であろうと推定された。

5. 甲殻類も破砕されているが大部分はメガロパ期の短尾類で，次いで端脚類，橈脚類が少量認められた。キプリス幼生は恐らく魚類の胃中にあつたものが残つたものと推定される。
6. 軟体類は主にスルメイカと判定された。
7. その他の餌として現われたものはヤムシ類，多毛類，腹足類幼生等のマクロプランクトンで，呑み込まれている精莢も 17 例発見された。
8. 従来のスルメイカの餌料に関する研究と比較した結果，食性の概要には特に著るしい違いはないが，魚類の場合，例えば北海道地方ではイワシ類，サバ類が主で，甲殻類は同地方では“イサダ”や端脚類が多いのに比べ，伊東漁場では魚類の多くはハダカイワシ類，甲殻類の多くはメガロパであるといつたような地方的な特色が強い。これはスルメイカに餌動物の種類撰択性があるのではなく，その棲息域にその時期に最も多いものを最も多く摂つているという事を表わすものと考えられる。

# 日本近海魚種の魚種間相互関係の解析についての研究*

土　井　長　之

## 目　　次

1. 緒　　言 ……50
2. 資源解析用のアナログコンピューターについて ……53
2—1. 計算機の種類 ……53
2—2. 資源解析用アナログコンピューターの構成 ……53
2—3. 水産資源研究上の利用法 ……54
2—4. 成長曲線のアナログコンピューターによる計算例 ……54
2—5. 資源解析と漁況予測 ……57
3. 魚種間相互関係の理論的取扱—1：食害関係 ……58
3—1. 単一資源の資源変動の法則性 ……58
3—2. 漁獲努力が時間とともに変る場合 ……59
3—3. 再生産関係のある場合 ……62
3—4. 2魚種間の食害関係 ……62
4. 魚種間相互関係の理論的取扱—2：競合関係 ……66
5. 南海区水域のクロマグロと沿岸魚種との相互関係について ……70
5—1. Volterra の式のアナログコンピューターによる解き方 ……70
5—2. クロマグロとスルメイカの食害関係 ……70
5—3. クロマグロと沿岸魚種との食害関係 ……71
5—4. 仮定の検討 ……71
6. 佐渡の定置網と底曳網の漁獲物の魚種間相互関係について ……72
6—1. 漁獲の経年変化 ……72
6—2. 定置網で漁獲される魚種間の相互関係 ……72
6—3. 底曳網で漁獲される魚種間の相互関係 ……79
6—4. 定置網で漁獲される魚種と底曳網で漁獲される魚種との間の相互関係 ……79
6—5. 問題点 ……82
7. 南海区水域底魚魚種間の相互関係 ……82
7—1. 1曳網あたり漁獲量の月変化 ……82
7—2. 底魚魚種間の相互関係 ……88
8. イワシ類・スルメイカ・クロマグロの長期変動の解析について ……95
8—1. 長期変動の解析 ……95
8—2. イワシ類とスルメイカの競合関係 ……95
8—3. クロマグロとイワシ類・スルメイカとの食害関係 ……98
9. 日本近海魚種の魚種間相互関係—1：食害関係について ……98
9—1. 沿岸魚種の分類 ……98
9—2. 食害関係分析の例—青森県（東北海区） ……99
9—3. 日本全国の海域別・県別の分析結果 ……103

* 1961年11月29日受理，東海区水産研究所業績A第162号。

10. 日本近海魚種の魚種間相互関係—2: 捕食魚間の競合関係 …… 103
10—1. 捕食魚間の競合関係分析の例—千葉県 …… 103
10—2. 日本全国の海域別・県別の分析結果 …… 108
11. 日本近海魚種の魚種間相互関係—3: 餌料魚種間の競合関係 …… 108
11—1. 餌料魚種間の競合関係分析の例—南海区水域 …… 108
11—2. 日本全国の海域別・県別の分析結果 …… 113
12. 考　　察 …… 114
謝　　辞 …… 116
要　　約 …… 116
文　　献 …… 117
Synopsis …… 118

## 1. 緒　　言

水産資源研究の歴史的発展過程をみるならば，ある魚種の資源量の変動は，再生産加入量と成長増重量の2要素による増加部分と自然死亡と漁獲の2要素による減少部分との差によつておこるとする考え方[1]にはじまつている。これら4つの要素を別々に解析的に考えないで，全体としての資源量の増減の時間的変化は理論的には Sigmoid 曲線として取扱われている。この考え方と取扱の中では再生産機構も死亡要素もこみに扱われ，陰にしか法則性の中に含まれていない[2]。さらに又年令組成なども考慮されずただ生物集団全体としての量の増減の法則性をあらわしたものと言えよう。Baranov は体長組成又は年令組成の取扱方を導入しその分析方法[3]を示した。その後この方法の拡張発展によつて死亡率（自然死亡係数と漁獲係数）などの推定及びそれを基にする解析方法は多くの研究者により論ぜられ* 大きく開花したと言つてよいだろう。しかしこのように水産資源研究が発展をとげたとは言え，その分析を通じて果して漁業生物の真の姿をつかむことができるかどうかは疑問の余地が十分にあるところである。

先づ第1に気になることは，従来の資源解析の取扱は単一資源でしかも再生産加入があつてから以降の資源量の変動と，漁獲努力量としてあらわしている漁獲の影響との関係を数理的に又統計的に論じたものが多いことである。即ちこのことは再生産に関する知識の少ないことであり，再生産加入量の大小はどうしておこるのかと云う面の研究が population dynamics の研究に比しておくれていることでもある。再生産機構は，資源研究の最終目的であるとみなされる資源診断と漁況予測にとつて大きな役割を果すものであることは明かである。当然究明しなければならない研究項目ではあるがその調査の難しさのゆえに手があまりつけられてなかつたと言えよう。しかし現在ではこの方面の調査研究もイワシ類，ニシン，サンマ，サケ・マスなどで徐々に進みつつあり[21][22]，北洋サケ・マスでは再生産曲線による資源の診断，最大持続生産量の推定，漁況の予測が実用化しつつあることは喜ばしい。

第2の点は，資源量の変動に対応して働くところの生物固有の種族を維持せんとする力をどのように評価して資源論に取入れるかである。井戸の中の水はくめば減り，この行為そのものは井戸の湧水力には影響しないが，生命力を持つた生物としての魚類が漁業と云う圧力に対して又自然界の害敵や環境に対して生物として反応対処している何物かがある筈である。言いかえれば，漁獲による死亡率の増加又は自然環境要因による自然死亡率の増大に対して，これを何らかの形で補償しようと云う生物固有の力の存在することは否めない。この点を観念的に言うは易いがどのような形でどの程度に量的に計測されるかについての研究は未

---

* 生残率，死亡率，資源量などの推定方法については我国では，栗田[4]，土井[5][6]，山中[7][8]，吉原[9]，田中[10]などの研究があり，それらを応用しての資源解析を行なつた例をいくつかあげてみれば，イワシ類[11][12]，マダイ[13]，以西底魚[14]，以東底魚[15]，サンマ[16]，サケ・マス，タラバガニ，鯨などがある。我国及び外国のこの面の研究を集めたハンドブック的なもの又は綜述的なものとしては，田中[17]，Ricker[18]，Beverton and Holt[19]，Graham[20]などがあげられる。

だしの感があり，population dynamics に取入れるには十分でない段階であろう。しかし当然考慮を払うべき大きな要因であり今後の研究の進展が期待される。現在では資源量の増減に対応して生物学的特徴（例えば性比，性成熟年令，性成熟時期，成長テンポなど）が異なることが研究されており，これが明らかになるだけでも資源の診断や漁況の予測に役立つものが多いと思われる。今後の水産資源研究の主要な研究課題の一つであろう。

第3の問題点は魚種間の相互関係であり，広く解釈すれば生物社会の秩序法則である。魚は単一生物として水中に生存し生活しているのではなく，多種多様の魚類及びそれらの餌料となる生物やそれらを食害している生物と共存して全体として一つの生物相を形造つている。そしてその生物相内の同一栄養水準間では競合関係があり，異なる栄養水準間では食害関係がおこるのである。1魚種が漁獲により，食害により，又は自然環境要因によつて増減することは，その魚種のみならず他の魚種にも大なり小なり影響をあたえているわけであり，その間の法則性の解明が必要となつてくる。勿論魚種間相互関係ひいては生物相の問題は，すでに上に述べた2つの他の問題点とも結びつくものである。例をあげれば，再生産加入量がその魚種の稚仔を餌としている害魚の存在によつて左右されることもあつて，このような場合には魚種間相互関係は再生産機構の支配的要因[21)22)23)]であり当然資源解析の一つのかなめとなる。

以上にあげた3つの点即ち再生産機構，資源量と生理・生態の変化及び魚種間相互関係は今後の研究に特に重要となつてくる資源変動要因と考えられるものである。これらの点が明らかになることにより従来の資源解析がよりよく生かされて，資源管理などの実際面でも役立つようになるであろう。即ち資源の診断（現在の漁獲の強度は資源に対して強すぎるか或はもつと漁業を大きくしてもよいのかの判定）がより的確にできるようになり，漁況の予測がより正確に迅速に行なわれるようになつて漁業管理も行ないやすくなる。

この報告で取扱つたのは，第3の問題点であるところの魚種間の相互関係である。この方面の研究は別段新しいと云うものではなく，一般の資源解析における方法論の発展に比すれば急進展はみられなかつたかもしれないが従来より論議は積み重ねられてきたものである。特に数理的取扱として最も注目されているものは VOLTERRA の研究[24)]であり，この考え方に対して多くの研究者が意見や実験結果を述べている。VOLTERRA のたてた数学的な魚種間変動のモデルがそれがそのまま現実の生物現象にあてはめることはできず，又数学的モデルより導かれる法則性によつて魚種間変動が完全には説明し得ないことは論をまたない。しかしこのことが VOLTERRA の理論と数学的モデルを無価値にするものではない。と云うのは，生物現象の研究においては，一つの数なり公式なり表現なりで生物の数量変動を完全にあらわし説明することは殆んど不可能であり，平均としての或は大凡としての数字で満足しない限り生物現象を理論的に数理的に取扱うことはできないからである。VOLTERRA の式に基づき且つそれを拡大した理論的或は実際的な取扱が最近になつても発表[25)26)27)]されていることは，近似的には VOLTERRA の考え方と数学的モデルでもかなり現実的には役立つことを示すものであろう。VOLTERRA の式が現実の生物の姿と完全に合わないならともかく，ある程度現実の生物相が説明されるならば，作業仮設として VOLTERRA の数学的モデルは是認されてよいわけである。

この報告は魚種間相互関係を論じたものではあるが，魚種間関係の理論的数理的展開を試みようとするものではない。数学的モデルとしては不完全ではあるが VOLTERRA の式が魚種間の相互関係を一応はあらわすものとみなし，実際の漁獲変動にこの理論をあてはめ得るかどうか又あてはめ得る場合にはその結果が資源の診断と漁況予測に有効であるかをしらべるために，理論としてではなく実際に計算してみようと云う試みである。即ち先づ最初の段階として，魚種間に VOLTERRA の式で説明し得る魚種間資源量の時間的変化があるかをみて，それで説明がつくようであれば次の段階として資源の診断と漁況の予測にいくらかでも役立つものになると思うものである。それをより完全なものとするためには理論的発展が必要になつてくるであろうが，現在はそこまでいつているとは思われない。先づ第1近似としての魚種間関係の分析が必要なのであると考え，あえて本報告に実際の分析結果をまとめてみたものである。

VOLTERRA の提示した魚種間相互関係の資源変動の数学的モデルについては後章で説明するが，このモデルを日本近海の各種魚種の相互関係に適用したものであつて，数式（微分方程式）を解くのにアナログコン

ピューター（微分解析器の1種である。後でその構成と利用法について説明する。）を使用した。即ち2種類の魚種の資源量の経年変化がVOLTERRAの式によつて解釈し得るかどうかをアナログコンピューターを用いて解いたものであつて，これで解けて説明がつくならばその2魚種間には相互関係が存在すると判定する。そして解けなかつた場合には相互関係は認められないと判定する。しかしここで注意しなければならないのは，相互関係がないと判定してもそれはただVOLTERRAの数式とモデルによつて説明し得ないだけで相互関係がないと断定出来るものではないことである。他の数学的モデルであらわされる相互関係があるかもしれないし，又VOLTERRAのモデルであつても3魚種或はそれ以上の多くの魚種を同時に考慮して計算すれば説明がつくものかもしれない。このことと反対に，VOLTERRAのモデルで説明し得た場合でも，それは見かけだけであつて例えばわずか数年の資料の計算だからたまたま見かけ上解けただけなのかもしれない。事実このようなことは多々あると思われる。これら諸種の判定上の誤差要因があるとは言え，本報告にては，2魚種間にVOLTERRAの式で説明し得る関係があるならば相互関係があるとし，逆に説明し得ないならば相互関係がないとする判定方法を一応とつている。これの適不適は，求められた相互関係を利用しての資源診断や漁況予測の精度とか胃内容物による食害調査などの他の生物学的研究によつて判断されよう。又このような裏付があつてはじめて数学的モデルも生きてこよう。

取扱つた資料は原則としてすべて何らかの形で公表されているものである。この研究のために特に調査を行なつたわけではない。対象魚種としては日本近海の沿岸漁業で漁獲されるものが主である。沖合漁業，遠洋漁業の対象とする魚種間にあつても食害や競合の相互関係がない筈はなく当然あるであろう。事実，ネズミザメが北洋サケ・マスの害魚であるとして調査研究が行なわれている[28]。しかし大多数のものでは相互関係を取上げるところまで研究が進展していないか或は現在では不必要であるなどの理由により，緊急に解決すべき研究課題とはなつていないものが多い。これに反し沿岸漁業にあつては，多種多様の魚種の食害と競合の相互関係を度外視しては資源量変動の様相の説明ができないところまできている。沿岸重要資源（イワシ類が研究の主体でありアジ，サバ，スルメイカなどが調査されている。）の研究で最初にこの問題がとり上げられたのは1955年であつた[23]。その後東海区水産研究所にアナログコンピューターが設置されて微分方程式を解くのに有力な武器を得ることになつたので，VOLTERRAの式を実際の漁業にあてはめて解くことが試みられた。こうしてクロマグロと沿岸魚種[23][29]，南海区水域の底魚，佐渡の定置網と底曳網の漁獲魚種などの魚種間相互関係を計算した。ついで日本近海の各種魚種（主として浮魚）について地域別に計算が順次行なわれたのである。いづれも経年変化（又は月変化）が分析の対象となつて解かれた。

このようにして解いて得た魚種間の相互関係の基因は，競合関係ならば例えば同一餌料の奪い合いと解釈されようし，食害関係ならば例えば捕食魚が餌料魚種を食べていると解釈される。しかし得られた魚種間相互関係はこのような生物調査に基づくものではなく漁獲統計の分析の結果にしか過ぎない。魚体調査や環境調査とここで得た相互関係とを組合せてその真の原因が何であるかをつきとめ実証する必要がある。そうすることにより見かけだけの相互関係か生物学的に意味のあるものかが判断される。この点については本報告ではふれない。生物学的資料のないものも多いし，今後の検討にまつことにする。

魚種間相互関係が実際の漁業に何らかの形で役立つかどうかについては客観的判断の尺度はないであろう。しかし最終的には，研究成果である魚種間相互関係を応用することにより漁況の予測を行ない得るようになるか或は従来の漁況予測の精度が向上するようになれば，相互関係の基因や理くつがどうであろうと実用になると考えてよいと思う。

以上のことを要約してみよう。ある魚種の資源変動を論ずる場合に，単一資源と考え年令組成分析を主体とする解析によつてもかなりの程度にまで資源の診断と漁況の予測を行なうことは可能である。しかしそれだけでは不十分である場合の多いことも衆知のところである。例えば加入量の大小が漁況と資源変動の決定的要因であつてしかもそれが漁獲の影響外であることもある。又海況などの環境要因が漁況予測のきめ手であることもある。このように漁獲以外の要因によつて資源が変動することが多いが，これら要因の中に本報告でとりあげた魚種間相互関係が入ることは論をまたない。広い意味ではこれは生物的環境要因と言えよう。従来の単一資源としての取扱と漁獲の影響の分析にさらにこの研究を加えることにより，少しでも資源分析

が完全な方向に向い，漁況の予測と資源の診断に役立つものがいくらかでも発見されるならば筆者の最大の喜びとするところである。この報告を単なる計算例に終らしたくなく，将来のこの面の研究の発展の一つの礎となることを望んでいるものである。

## 2. 資源解析用のアナログコンピューターについて

### 2—1. 計算機の種類

VOLTERRA の式をはじめ本報告にあらわれる数式や微分方程式を解くには主としてアナログコンピューター[30]を使用した。それで本報告の趣旨の理解の助けとなることと思われるので先づアナログコンピューターの概略を説明したい。

資源調査や海洋調査によつて得られた統計資料から資源の特性値や変動法則を求めようとする場合に，求めようとする特性値の種類が多かつたり変動法則が複雑であつたりして計算に時間と労力が非常に多くかかることがある。又このようにして得た特性値と変動法則の知見から，資源の診断と漁況の予測をせんとする場合も同じように時間と労力がかなりかかるものである。資源研究上のこのような困難さを軽減するために東海区水産研究所に資源解析用のアナログコンピューターが設置された。

計算機を原理的な面から大別すると，計数型（digital）と相似型（analog）とに分けられる。計数型計算機は数そのものを取扱つて計算するもので，そろばんや卓上計算機はその代表的な簡単な例であり，珠や歯車の一つ一つが数に対応している。取扱う数は不連続ではあるが装置を大きくすることにより精度を高くすることが可能である。高速電子計算機もこの型のものであり電流のパルスなどの信号がそろばんや卓上計算機の珠や歯車の役目をしている。

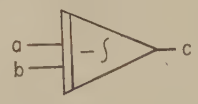
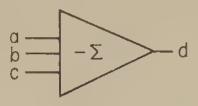
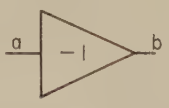
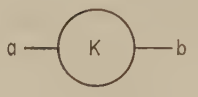
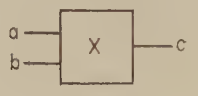
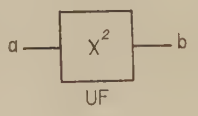
これに対して相似型計算機は，計算する数を物理量におきかえ計算式も物理量の間の関係式でおきかえて計算するものである。計算尺やプラニメーターはその例であつて長さや回転角で計算するようになつている。物理量として電圧又は電流を採用し電子管を用いた電気回路で計算式をつくつて計算を行なう方式がアナログコンピューターである。一種の微分解析機である。この型の計算機は計算時間が比較的短く又あたえられた式の係数の変更に対する応答が直観的に把握される特徴があるが，連続量を取扱うので計算尺でもみられるように精度をある程度以上高めることは出来ない。

### 2—2. 水産資源解析用アナログコンピューターの構成

東海区水産研究所に設置されているアナログコンピューターは次のようなユニットより成つている。

| （ユニット） | （個数） | （計　算　作　業） |
|---|---|---|
| 演算器 | 8 | 積分器，加算器，加算積分器，符号変換器などとして働く。 |
| 加算器 | 4 | 加算器，符号変換器としての働きをする。 |
| 係数器 | 8 | 数値や計算式の係数の値をいれるもので，値は連続的に変え得る。 |
| 掛算器 | 3 | 2つの函数の積をつくる。 |
| 自乗器 | 1 | 函数の自乗をつくる。 |
| 矩形波発生器 | 1 | （例えば加入量に対応させて）任意の高さの任意の巾の矩形波をつくる。 |
| 任意函数発生器 | 2 | 任意の形，任意のグラフを折線近似（8～12 の折線）でつくる。実際の漁獲量や漁獲努力量の時間的変化をつくり得る。 |
| 解指示器 | 2 | ブラウン管上に解としての函数形をえがく。それを目盛で読みとるか接写装置で写真にとる。 |
| サンプリング読取装置 | 1 | ブラウン管上の解の形のある一点をとり出して目盛針で指示して読取りやすくしたもの。 |
| ペン書きオシログラフ | 1 | 記録紙上に解の値をペンで記録する。 |
| 電源部 | 1 | 直流電圧，ユニット函数などをつくる。 |

数値及び計算式（主として微分方程式及びそれより導かれる函数形）があたえられたならば，先ずその式にあてはまるブロック線図をえがきそれによつて各ユニットを電気的に結び合すのである。ブロック線図をえがくための主な記号を次に示しておく。

| (ユニット) | (記号) | (説明) |
|---|---|---|
| 加算積分器 |  | 加算したものを積分して符号を変える。<br>即ち $c=-\int(a+b)\,dt$ |
| 加算器 |  | 加算して符号を変える。<br>$d=-(a+b+c)$ |
| 符号変換器 |  | 符号を変える。<br>$b=-a$ |
| 係数器 |  | 数値を入れる。<br>$b=Ka$ |
| 掛算器 |  | 2つの函数の積をつくる。<br>$c=a\cdot b$ |
| 自乗器 |  | 函数の自乗をつくる。<br>$b=a^2$ |
| 単位ステップ函数 | | 係数で数値を入れる際の単位となる。UF=1 |

これらのユニットをブロック線図（ブロック線図の例は後述する）に従つて適当に電気的に結合（コードのプラグを各ユニットのプラグ端子に挿入）することにより計算を行なうものであり，解は解指示器上に曲線としてあらわれるのでそれを読取るか写真にとるわけである。

### 2—3. 水産資源研究上の利用法

アナログコンピューターは本質的には微分解析機であるから微分方程式であらわし得るものは装置のユニットの数の許す範囲内であれば何でも解き得るわけである。水産研究においては資源変動の法則性（魚種間相互関係もこれに含まれる），成長曲線，資源特性値の推定，長期変動の試行誤差法による解析などに適用することができて，解は比較的たやすく得られる。尚，アナログコンピューターは，魚体調査原票よりの生物統計表の作製，分散分析，数字の加減乗除のような計算は出来ない。

資源変動及び Volterra の式の解法については後章でくわしく述べるのでここでは使用法の1例として成長曲線について説明してみたい。

### 2—4. 成長曲線のアナログコンピューターによる計算例

漁獲量は尾数としてではなくて重量で発表されることが多いのであるが，資源の数理的取扱では尾数である方が便利である。そこで尾数から重量へ又は重量から尾数への換算のためには成長法則（成長曲線としてあらわしてよい）が必要となつてくる。成長曲線のいくつかの型とそれのアナログコンピューターによる求め方（あらわし方）を述べる。

2つのある発育段階間で，近似計算として最も簡単な成長曲線は直線である。成長量（体長又は体重）を $w$ とすれば，

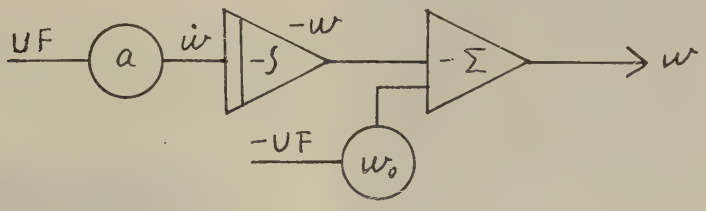
$$w=w_0+at \tag{1}$$

$w_0$：　$t=0$ で $w=w_0$

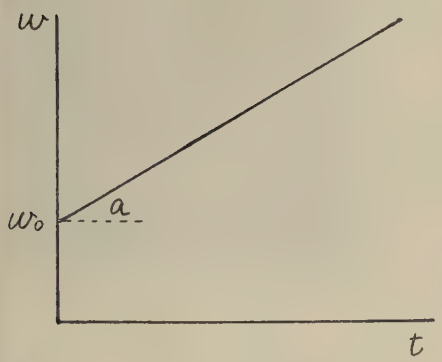
$t$：　時間

であるが微分方程式で示せば，

$$\frac{dw}{dt}=a \tag{2}$$




**第 1 図**　(2)式をアナログコンピューターで解くためのブロック線図



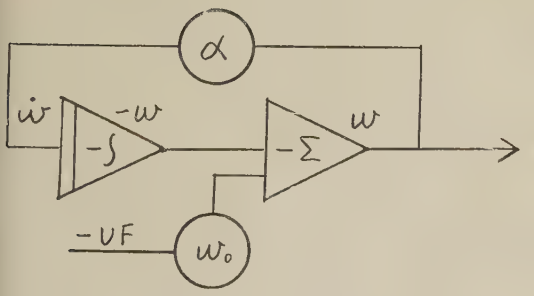

**第 2 図**　(2)式の解。勿論(1)式と同じものであつて，第1図によつて解いた解指示器上でも直線となる。

と書ける。アナログコンピューターのブロック線図では第1図のようにあらわすことができる。これの解指示器のブラウン管上の形は勿論第2図に示すように直線である。係数 $a$ と $w_0$ は係数器により計算式中に入つているので任意の数値にすぐ変えることが出来て，それによる解の変化を直視的にわかる。

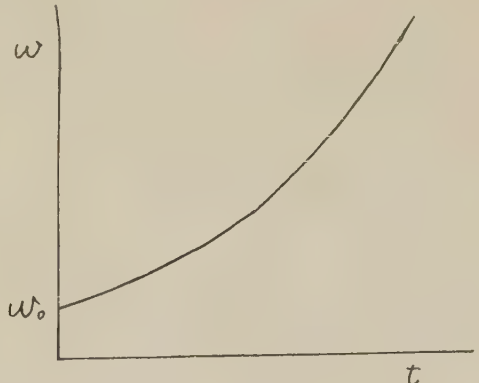
(1)式と同じようにこれもある年令範囲内でしか使用できないが，成長量が指数函数的に増大しているとみなし得る場合には，

$$\left.\begin{aligned} &w=w_0e^{-\alpha t}\\ &\frac{dw}{dt}-\alpha w=0 \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

と数式的に表現されるが，これのブロック線図と解は第3図と第4図に夫々示してある。




**第 3 図**　(3)式をアナログコンピューターで解くためのブロック線図




**第 4 図**　(3)式の解。第3図のブロック線図によつてこの指数函数を得る

(1)式及び(3)式で示した2例は極めて限られた成長範囲内でしか適用し得ないが，成長法則が定差方程式であらわされる最も一般的な方法がある。即ちある一定期間（$\tau$）ごとに成長量を測定するとして，$n$ 番目の成長量を $w_n$ とすれば，

$$w_{n+1}=\beta_0+\beta_1 w_n \tag{4}$$

なる定差方程式であらわされる。成長曲線と微分方程式にすれば

$$\left.\begin{aligned} &w=a-be^{-\alpha t}\\ &\frac{dw}{dt}+\alpha(w-a)=0 \end{aligned}\right\} \tag{5}$$

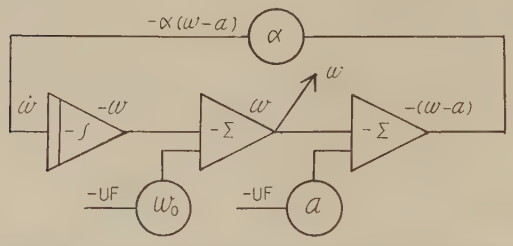
但し $\beta_0=a(1-e^{-\alpha\tau})$

$\beta_1=e^{-\alpha\tau}$

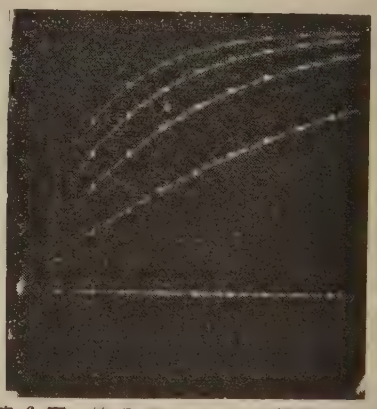
$w_0=a-b$

となり，ブロック線図と解のアナログコンピューターによる写真は第5図と第6図に夫々示すようになる。Von Bertalanffy の体長の成長曲線がこれである。

成長量の逆数が定差方程式にのることもある。体重とか資源量とかはこれにあてはまることが多いが，(4)式と(5)式にならつて書けば




**第 5 図** (5)式の成長曲線を解くためのブロック線図



**第 6 図** 第 5 図のブロック線図による成長曲線（Von Bertalanffy の体長の成長曲線に相当する）。$\alpha$ の値を5通りに変えてある。

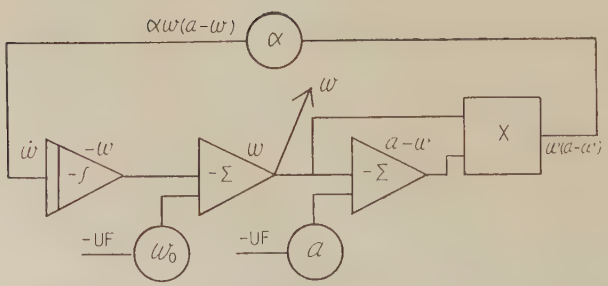
$$\left.\begin{aligned} &\frac{1}{w_{n+1}}=\gamma_0+\gamma_1\frac{1}{w_n}\\ &w=\frac{a}{1+be^{-\alpha t}}\\ &\frac{dw}{dt}-\alpha w(a-w)=0 \end{aligned}\right\} \tag{6}$$

但し $\gamma_0=\dfrac{1-e^{-\alpha\tau}}{a}$

$\gamma_1=e^{-\alpha\tau}$

$w_0=\dfrac{a}{1+b}$

である。(6)式をアナログコンピューターで解くには掛算器が必要となつてくる。と云うのは(6)式中には $w^2$ の項（微分方程式であらわした場合）があり非線型の微分方程式であるからである。第7図と第8図にブロック線図と解を示す。この形の成長法




**第 7 図** (6)式の成長法則を解くためのブロック線図

則は所謂 Sigmoid 曲線であることはよく知られているところである。

体長又は体重測定によつて実際の成長曲線がえがかれている場合には，その形と解指示器上にあらわれる形とを比べることによつてどの型の成長法則であるかを定めることができ，さらに成長曲線のパラメターの値を係数器の値によつて推定できるのである。

第 8 図　第7図のブロック線図によつて解いた成長曲線。所謂 Sigmoid 曲線である。$\alpha$ を5通りに変えてある。

### 2—5. 資源分析と漁況予測

漁獲量と漁獲努力量の時間的変化を解析するところの資源分析の一般的方法をアナログコンピューターによつても取扱うことはできる。日本海マイワシの資源特性値や来游率の推定及びサンマの資源量推定などにすでに具体的に用いられているものである。ここでは具体的例は示さないが，アナログコンピューターによる分析のし方を最も簡単な population dynamics のモデルによつて説明してみよう。

加入があてから以降の資源量と漁獲量の時間的変化は，

$$N=Re^{-(M+F)t} \tag{7}$$

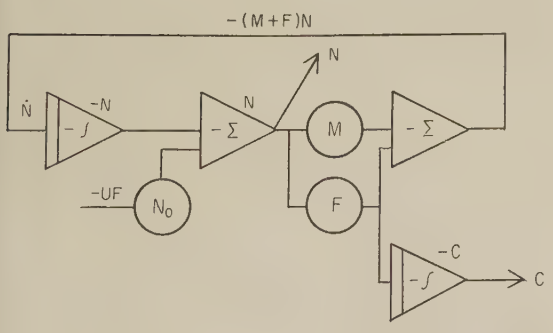
$$C=\frac{F\cdot R}{M+F}\{1-e^{-(M+F)t}\} \tag{8}$$

但し　$N$：資源量
　　$C$：漁獲量
　　$R$：加入量
　　$M$：自然死亡係数
　　$F$：漁獲係数

とするのが普通である。微分方程式にすれば，

$$\frac{dN}{dt}+(M+F)N=0 \tag{9}$$

$$\frac{dC}{dt}=FN \tag{10}$$




第 9 図　(9)式と(10)式であらわされる資源変動法則を解くためのブロック線図。漁獲曲線解析の基本形である。

と書けることも知られているところである。否むしろ(9)式と(10)式を資源変動の数学的モデルより導き，それを解いて(7)式と(8)式を得たものと解釈する方がよいだろう。第9図に(9)式と(10)式をアナログコンピューターで解くためのブロック線図を示す。$F$ は漁獲努力量の時間的変化に比例して変り，$M$は海況とか他の水産生物・餌料生物などの環境条件により変るが，その変り方は係数器によつて直ちに計算式に入れることができそれに対応する解を得ることができる。又 $M$ が不明

な場合には試行誤差法によつて，解と実際の変動とが合致したときの係数器の値を読むことにより $M$ の値を推定し得る。このようにして種々の資源特性値を推定し，長期変動の法則性を明らかにすることができる。自然死亡係数と漁獲係数の分離推定[31]，日本海のマイワシの資源解析[32)33)] やサンマの資源量推定[34)] もこの方法によつたものである。

漁況についてのみに限らず，一般に予測や予知の方法[13)35)] として行なわれているものを分類してみると，先づ第1に相関法があげられる。予測すべき現象と他の観測可能な又は測定可能な現象との間の相関を求め，相関係数が大きいならばある程度予測がなしうる。第2の方法は類似法である。例えば天気予報において，過去における天気図のうちで現在の天気図とよく似ているものを探し出して，現在におけるこれからの天候の変化は過去のそれと似るであろうとして予報をすることができる。過去の資料の中から解をさがし出しているわけである。第3の方法は自己相関によるものである。予測すべき現象の変動の法則性は分つていないが，その現象が時系列としてあたえられているときには，自己相関に基づいて統計的法則性を求めて予報することができる。情報理論の近年の発展により，自己相関による予測の問題は進歩するのではないかと考えられる。第4の方法は決定論的な力学的方法である。物理現象などで，原理が判明しており原因と結果の因果関係の明らかなものにあつては，微分方程式，積分方程式或は函数形によつて現象の時間的変化を解いて予測を正確に行なうことが可能である。

さて漁況の予測について通常主として取扱われている方法は海況と漁況との相関関係からするものと，population dynamics よりするものとある。前者は相関法であり後者は決定論的な力学的方法とみなしてよいであろう。勿論他の方法も用いられていないわけではない。いづれにしても一つの方法で漁況の予測を完全になし得る段階ではないことは明らかである。いくつもの方法を同時に考慮した場合，アナログコンピューターによる計算（主として試行誤差法になるであろうがそれのアナログコンピューターでの遂行は容易である）は漁況予測の研究に役立つ面が多いと思う。と云うのは資源変動の法則性には各種多様のパラメターがそれを同時に考慮して計算を行なうことが出来るからである。

次章以下の本論でとりあげる魚種間の相互関係の分析に関連があるので，アナログコンピューターの説明を述べてきた。その計算機械としての構成はともかくとして，使用例を通して魚種間相互関係の分析方法の理解に役立つことを望むものである。

## 3. 魚種間相互関係の理論的取扱—1： 食害関係

### 3—1. 単一資源の資源変動の法則性

多種多様の魚類の魚種間相互関係を研究する場合でも，ある一つの魚種の単一資源としての取扱からはじまつた資源研究の歴史的発展を知つておく必要があると思われる。その意味で単一資源の資源変動の法則性を先づ述べてみる。

よく知られているように単一資源の資源変動法則性の基本的型は，

$$\frac{dN}{dt}+(M+F)N=R \tag{11}$$

$$C=\int FNdt$$

ここに　$t$：時間
$N$：資源量（尾数）
$M$：自然死亡係数
$F$：漁獲係数
$R$：加入量
$C$：漁獲量（尾数）

として数学的モデルではあらわされている。前章で述べた(9)式は，加入があつてから以降の資源変動を扱

つたものであるから(11)式で $R=0$ とおいたものであることは当然である。(10)式と式は同(12)等であり $C$ は総漁獲量，$dC/dt$ は単位時間の漁獲量と考えてよいだろう。

(11)式，(12)式において $N$ は勿論時間 $t$ の函数であるが，$M$，$F$，$R$ も又実際には時間とともに変るものである。とすると(11)式を解くことは簡単ではなくかなり複雑になつてくる。最も単純な場合として，$M$ と $F$ は一定とし $R=0$ とすると，(11)式は解けてよく知られている次の関係式を得る。

$$N=N_0e^{-(M+F)t} \tag{13}$$

$$C=\frac{FN_0}{M+F}\{1-e^{-(M+F)t}\} \tag{14}$$

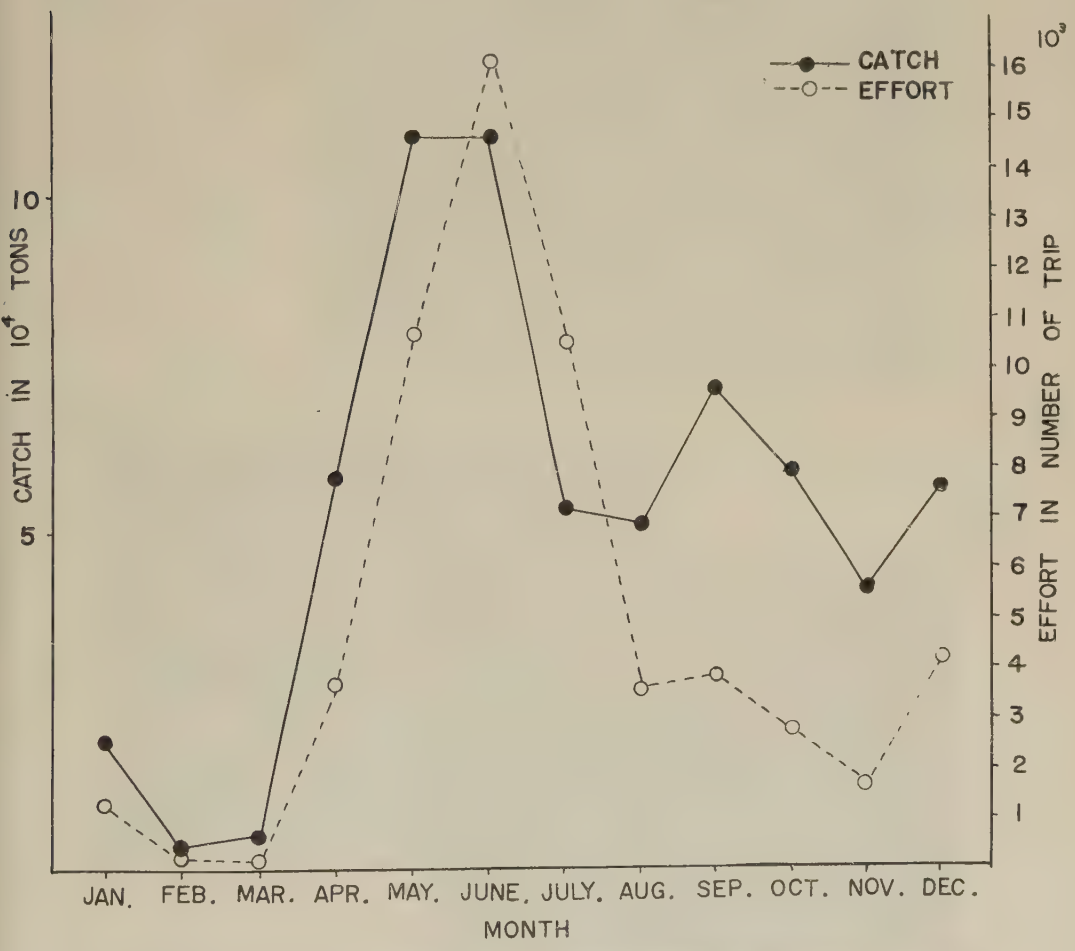
$$E=\frac{F}{M+F}(1-S) \tag{15}$$

$$S=e^{-(M+F)} \tag{16}$$

$S$ は生残率，$E$ は漁獲率と呼ばれているものであり，$N_0$ は $t=0$ のときの $N$ の値（初期資源量）である。これらの関係式は普通の資源解析においてはしばしば用いられているものである。

### 3—2. 漁獲努力が時間とともに変る場合

漁獲係数 $F$ は漁獲努力と関連するものである。漁具能率を $\alpha$，漁獲努力量を $X$ とすると，




第 10 図　1956 年のサバはね釣漁業（全国）の漁獲量と漁獲努力量 $X$（航海数）の月変化

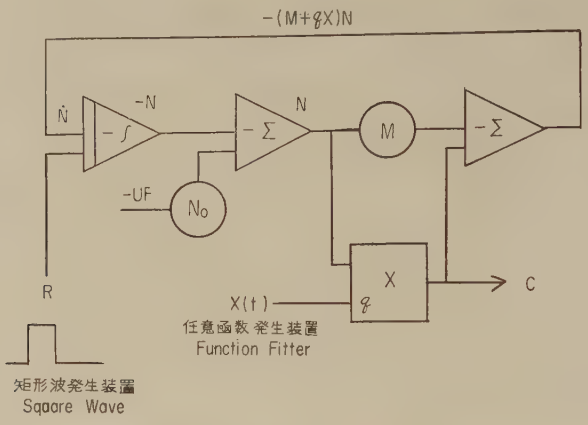
$$F=\alpha X \qquad (17)$$

とおける。$\alpha$ と $X$ が一定ならば(11)式を解くには $F$ の代りに(17)式を入れるだけで(13)～(16)式が解であるが，$X$が時間的に変化している場合には解析的な解を得ることは一般的には不可能である。このようなときアナログコンピューターは威力を発揮する。

任意函数発生装置が2つ附属しているのでこれを用いて解くことができる。(11)式は

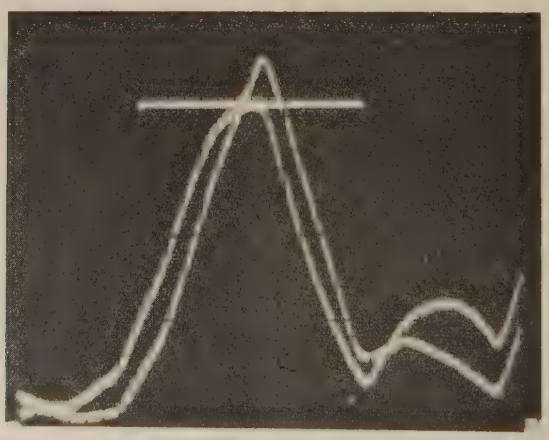
$$\frac{dN}{dt}+(M+\alpha X)N=R \qquad (18)$$

と書き替えられ，$X$ のみならず $R$ も時間的に変化するような例を考えてみよう。第10図に1956年のはね釣漁業によるサバ漁獲量と漁獲努力量の月変化を示してある。$X$（この場合は航海数）として漁獲努力量の月変化をとりこれを任意函数装置でつくり，加入量 $R$ は4月から6月にかけて来游すると考えこれを矩形波発生装置でつくつた。そして(18)式と(12)式を解いたものであるが，ブロック線図は第 11 図に，解は第

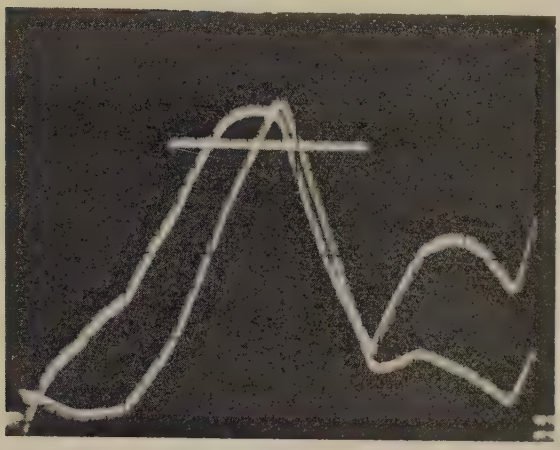



**第 11 図**　(18)式を解くためのブロック線図

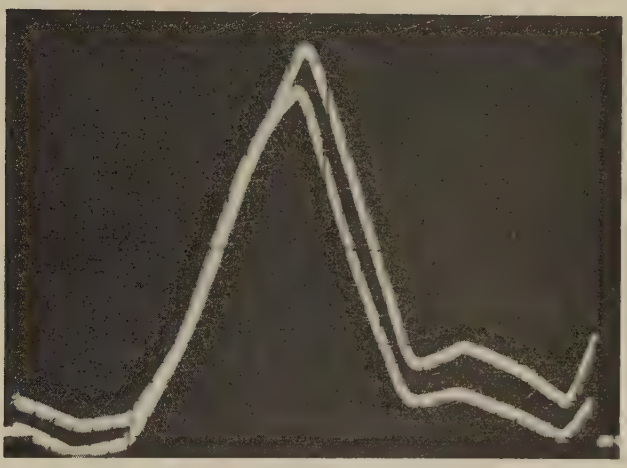
12 図 a, b, c, d に示してある。$M$ を 0 と 0.5，$R$ のある場合とない場合を考えたので合計4つの解の形が第 12 図に示されているのであるが，第 10 図の実際の漁獲量の月変化の形と見くらべてみれば $M=0.5$ でRのある場合の方が実状に合致するのではないかと考えられる。即ちはね釣漁業の対象となるサバは4月から6月にかけて加入がみとめられ，自然死亡係数は0.5位であろうと判定される。勿論ここで推定した特性値の数字はそれほど精度の高いものではなく order を示す程度のものであることをおことわりしておく。



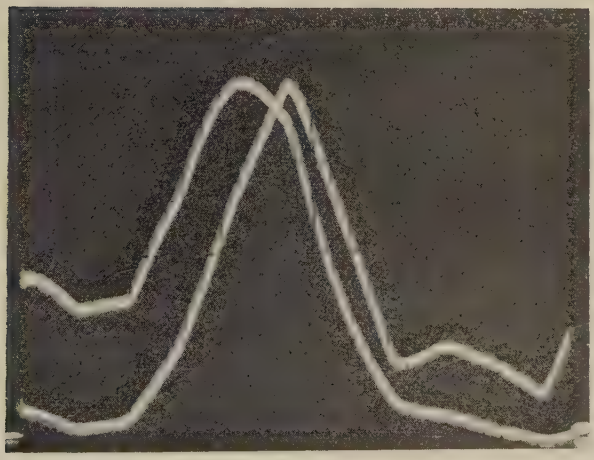
a.　加入 $R$：　4月～6月，
$M=0$



b.　加入 $R$：　4月～6月，
$M-0.5$



c.　$R$ - 0,
$M=0$



d.　$R=0$,
$M=0.5$

**第 12 図**　サバ漁獲量 $C$ の理論的な月変化。$X(t)$ として第10図に示した漁獲努力量をとり，第11図のブロック線図によつて解いたもの。折線は$X(t)$，曲線が解いて得た $C$ である。a. と b. にある横線は加入の時期と大きさをあらわす。b. の条件が最もよく現実（第10図）と合致する。

### 3—3. 再生産関係のある場合

再生産加入量が何らかの形で資源量に依存していることがあり即ち再生産関係がみとめられる場合がある。最も簡単な例としては，再生産加入量は親魚数に比例すると考えられることであり，

$$R=KN \tag{19}$$

$K$ は常数

と表現し得る。(19)式と(11)式とを解けば，解は一般的には指数函数となり資源量は幾何級数的にどんどん増えることとなつて生物社会の実状と合わない。餌料の制約や空間効果があつて所謂密度効果があるものであり，そうすると

$$R=KN(1-aN) \tag{20}$$

$a$ は密度効果の係数

となる。(20)式を(11)式に入れ，しかも$F$（即ち $X$ と考えてもよい）が時間的に変化している場合でも，アナログコンピューターでは解くことができる。南氷洋の鯨資源の分析・西カムチヤツカのタラバガニ資源の診断などに適用されて研究されている。

漁業がないとすれば(20)式と(11)式より

$$\left.\begin{aligned}&\frac{dN}{dt}+MN=KN(1-aN)\\ \text{又は}\quad&\\ &\frac{dN}{dt}+(M-K+aN)N=0\end{aligned}\right\} \tag{21}$$

となるが，この形は前章の成長曲線の式(6)と同じであつて，第8図に示すような Sigmoid 曲線である。

### 3—4. 2魚種間の食害関係

単一資源としての数量変動の法則性を前節で述べたが，それを基本として魚種間相互関係の理論的な数理的な取扱へと発展する。取扱う魚種が2種類であつても又それ以上であつても数式的には殆んど差異はないので，先づ2魚種として食害関係の理論式を導いてみよう。勿論 VOLTERRAの提示した式に外ならないものである。

2つの魚種の資源量を夫々 $N_1$，$N_2$ とし $N_1$ は $N_2$ によつて捕食されるものとする。餌料魚種については

$$\left.\begin{aligned}M_1&=\beta_1 N_2\\ R_1&=\alpha_1 N_1\end{aligned}\right\} \tag{22}$$

と考えられる。即ち食害による自然死亡は2魚種資源量の積に比例する* であろうし，餌料魚種の再生産加入は近似的に親の量に比例するとしたものである。漁獲については考えないことにして，(22)式を(11)式に入れると，

$$\frac{dN_1}{dt}+\beta_1 N_1\cdot N_2=\alpha_1 N_1 \tag{23}$$

を得る。捕食魚種については，

$$\left.\begin{aligned}M_2&=\alpha_2\\ R_2&=\beta_2 N_1\cdot N_2\end{aligned}\right\} \tag{24}$$

とおける。即ち捕食魚の自然死亡は資源量に比例しておこり，再生産加入は捕食した量に比例すると考えたものである。はじめにもことわつたように，今は2魚種（捕食魚と餌料魚種）のみが共存するとしての論議

---

* 食害による自然死亡は2魚種の会合の機会によるものと考えて2魚種資源量の積に比例するものとした。勿論自然界における自然死亡の原因と大きさはこのような簡単なものではなく必ずしも $N_1\cdot N_2$ に比例するものではない。しかし，生物現象の数理的分析には必然的に伴うところの現象のモデル化・単純化と云う意味では第1近似としてはあながち突飛な仮定ではないであろう。このことは(9)式の $M$ の取扱についても言えることである。即ち $M$ は一定ではなく変るものであることは自明であるがそれでは数理的には一般に何も解き得ないので，平均としての巨視的な資源状態をつかむために可能な限り $M$ を一定とおいて(7)式又は(8)式の解を得る努力をすることと同様である。

であるが，自然界では捕食魚がただ一つの餌料魚種に依存することは少ない。ある一種の餌料魚種が少なくなると別種で補うから，厳密な意味では $R_2=\beta_2 N_1 \cdot N_2$ となるとは限らないことは勿論である。そのような場合には3魚種以上について相互関係を考えなければならないが，現在の水産資源学の知見で具体的にどのくらいの魚種について考えてよいかは不明と云う外ない。それで先づ2魚種について考えてみて，その分析結果不都合なものがあればそれは仮定（2魚種として取扱つたことなど）が良くなかつたからであると判定して次の段階の研究に進むようにしたい。

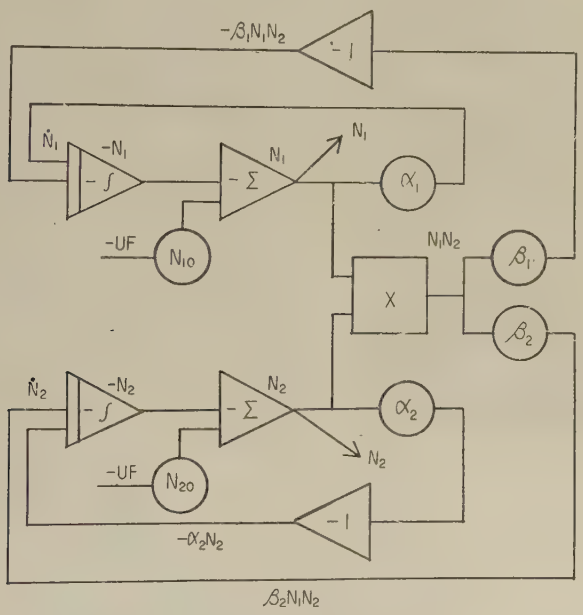
さて，(24)式を(11)式に入れると，

$$\frac{dN_2}{dt}+\alpha_2 N_2=\beta_2 N_1 \cdot N_2 \tag{25}$$

を導くことができる。(23)式と(25)式により両魚種の資源変動が理論的には決まるのであるが，これはとりも直さず VOLTERRA の提示した連立方程式に外ならない。即ち

$$\left.\begin{aligned}\frac{dN_1}{dt}&=\alpha_1 N_1-\beta_1 N_1 \cdot N_2\\ \frac{dN_2}{dt}&=-\alpha_2 N_2+\beta_2 N_1 \cdot N_2\end{aligned}\right\} \tag{26}$$

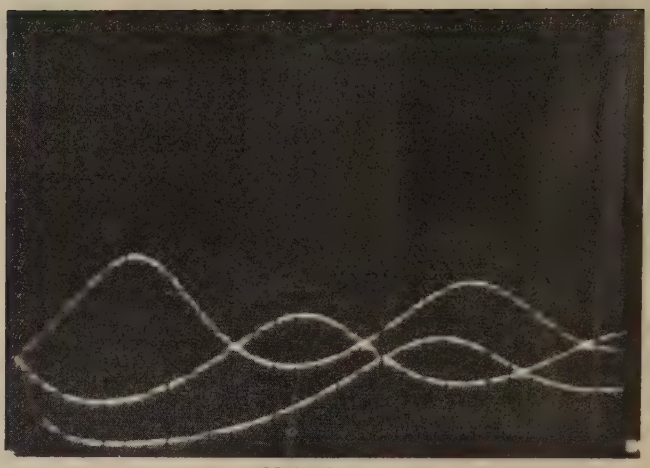
である。式としては複雑なものではないが，非線型の微分方程式なので解析的には解き難い。アナログコンピューターでは容易に解くことができ，そのブロック線図を第 13 図に示す。(26)式で $\beta_1$ を3通りに変え



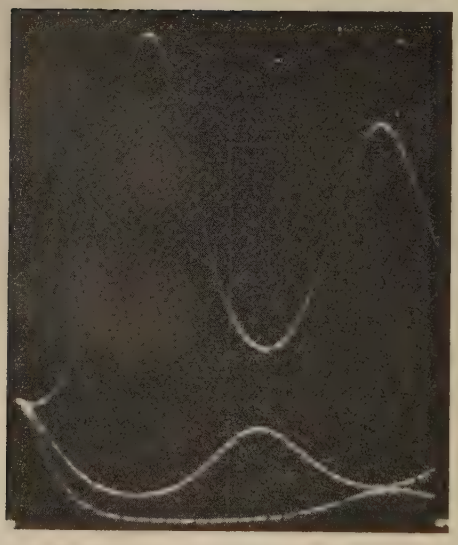

**第 13 図**　2魚種間の食害関係をあらわす(26)式を解くためのブロック線図

た計算例を第 14 図に示したが，第 14 図 a は $N_1$ の時間的変化であり第 14 図 b は $N_2$ のそれである。第 14 図 c は縦軸に $N_1$，横軸に $N_2$ をとつてえがかした相関図であり，この相関図形の上を時間と共に動く。第 15 図も同じようなものであるが，$\beta_1$ の代りに $N_2$ の初期資源量 $N_{20}$ を3通りにかえてみたときのものである。第 15 図 a は $N_1$，第 15 図 b は $N_2$，第 15 図 c は $N_1$ と $N_2$ の相関図である。

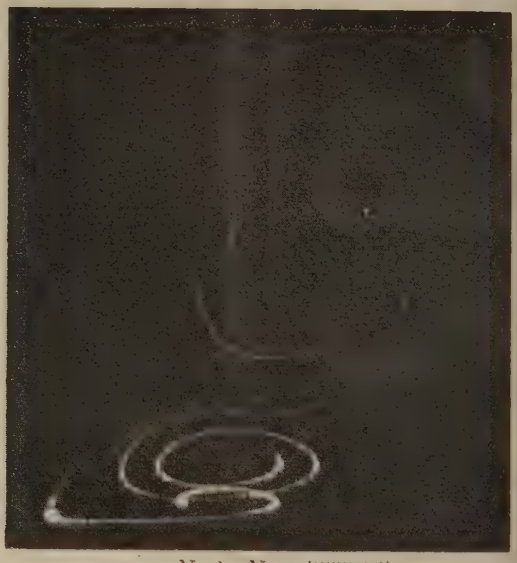
資源量変動法則，再生産関係などについて前述したように資源変動に及ぼすところの密度効果があるのが普通である。そうすると(26)式は，



a. $N_1$ の時間的変化



b. $N_2$ の時間的変化



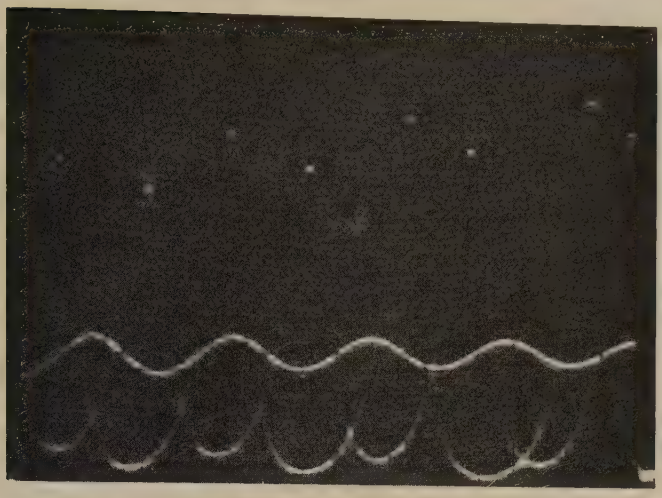
c. $N_1$ と $N_2$ の相関図形

**第 14 図** (26)式を第 13 図のブロック線図によつて解いた形の例。$\beta_1$ を3通りに変えてある。

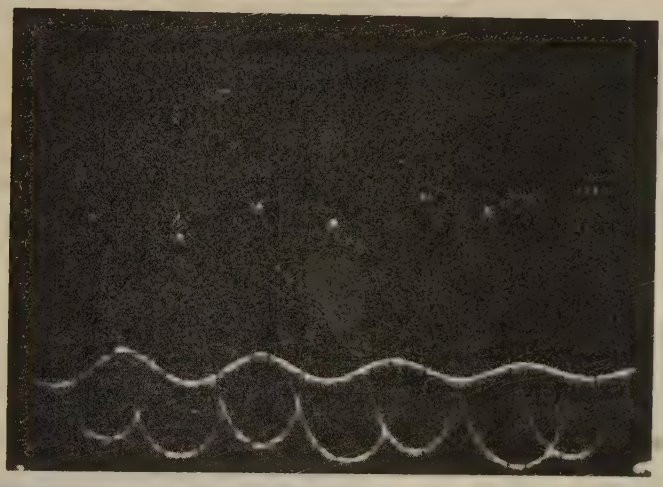
$$\left.\begin{aligned}\frac{dN_1}{dt}&=\alpha_1N_1-\beta_1N_1\cdot N_2-\gamma_1N_1^2\\ \frac{dN_2}{dt}&=-\alpha_2N_2+\beta_2N_1\cdot N_2-\gamma_2N_2^2\end{aligned}\right\}\qquad(27)$$

と書き変えねばならない。この形でもアナログコンピューターで解き得ることに変りはないが，非線型要素 ($N_1\cdot N_2$, $N_1^2$, $N_2^2$) の項が増えることとなるのでアナログコンピューターに附属している非線型のユニット（掛算器，自乗器）が不足を来す場合には解き得ないこともある。

(26)式又は(27)式で魚種間関係を解く際の実際問題としては，$N_1$ と $N_2$ が共に高水準にあつて密度効果を考慮することが必須であると云うことは少なく，密度効果を省ける場合が多いであろう。又定性的に考えた場合には密度効果の項を入れて解いても入れなくても，解の形そのものには大きな変化のないことも認められる（但し $\alpha_1$, $\beta_1$, $\alpha_2$, $\beta_2$ のパラメターそのものは変化する）ので，本報告では密度効果の項を省いた



a.　$N_1$ の時間的変化



b.　$N_2$ の時間的変化

c.　$N_1$ と $N_2$ の相関図形

**第 15 図**　第 14 図と同じものであるが，第 13 図中の初期条件 $N_{20}$ を 3 通りに変えた場合の解である。

(26)式を主として解いて魚種間相互関係をしらべている。

VOLTERRA の導いた (26) 式が，現実の生物の社会相と完全に一致するものとは考えられない。(22) 式や (24)式が前提条件となつているけれども，第1近似としての考え方としては是認されよう。そのために今までにも(26)式を解くのにいくつかの方法[26)27)]で努力が払われているが，本報告ではすべてアナログコンピューターで解いたものである。精度はそれほどよくなく且つパラメターの絶対値を求めるのに難点があるとは言え，魚種間相互関係の定性的性格をつかむには手取り早く有効であろう。前章でアナログコンピューターについて概説したのもこの理由のためである。

## 4. 魚種間相互関係の理論的取扱—2： 競合関係

魚種間相互関係の生物相は食害関係のみではない。栄養水準を同じくする2つの魚種が，ある共通の餌料生物を奪い合う形で競合しつつ生物相を形造つている場合——即ち所謂競合関係——もある。これは極めて単純化された表現であるけれども，自然界では特定の一種の餌料生物を魚種が奪い合うような形の競合をせずに同一栄養水準の両魚種が異なる餌料生物を喰い分けていると考えられる場合も多くあろう。その場合でも，いくつかの餌料生物の全体を一つの共通の要素と考えれば，そしてその中で何らかの形の法則性を見出さんとする意味では，上述の単純化された表現でも無意味ではない。即ち直接に食いつ食われつでなくとも間接的にそのような形として表現される場合もあると広義に解釈し，巨視的に現象をみたこととなる。このような競合関係にて2つの魚種の資源量を夫々 $N_1$, $N_2$ とする。前章と同じような手法で自然死亡係数と再生産加入量を求めてみれば，

$$\left.\begin{aligned} M_1&=\beta_1 N_2 \\ R_1&=\alpha_1 N_1 \end{aligned}\right\} \tag{28}$$

$$\left.\begin{aligned} M_2&=\beta_2 N_1 \\ R_2&=\alpha_2 N_2 \end{aligned}\right\} \tag{29}$$

を得る。即ち2魚種とも資源量に比例して再生産加入量があるし，両魚種の資源量の積に比例する自然死亡を持つていると仮定するわけである。捕食関係を論じた際にも述べたが，自然死亡係数がこの形であらわされるのは厳密には2魚種のみが競合し餌料生物が一種であつてその量がしかも限定されている時に成り立つものである。このような抽象化された模式化によつて現実の自然界の生物現象を完全に代表さすことのできるものであると言えないことは言をまたない。それであつても，理想的な完全に水産資源の現実に則した法則性が現在ない状態のもとでは，自然界の生物の数量変動を客観的に解くための第1歩としての意義は充分にあろう。

(28)式と(29)式を(11)式に入れれば，競合関係の VOLTERRA の連立方程式である次式を得る。

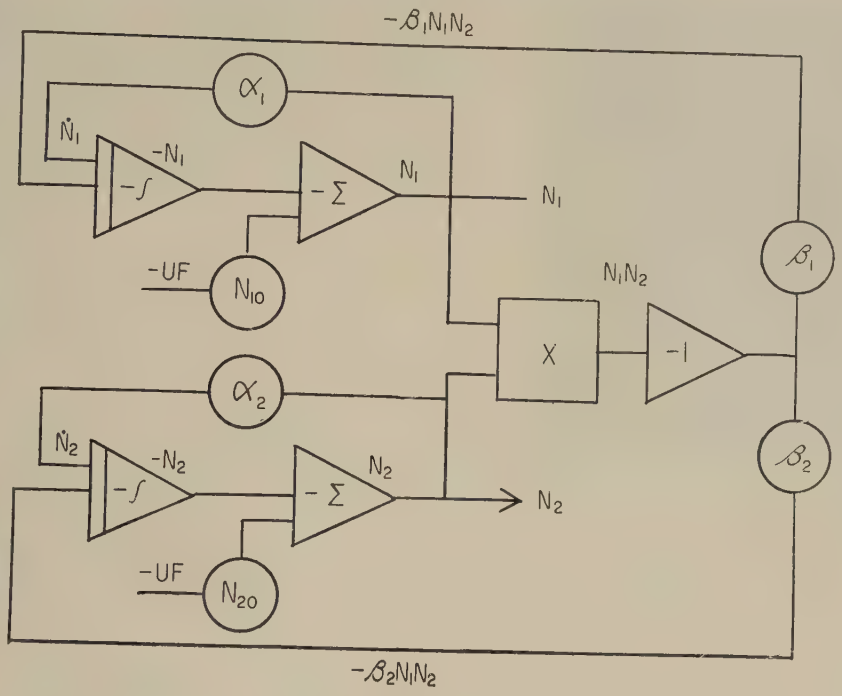
$$\left.\begin{aligned} \frac{dN_1}{dt}&=\alpha_1 N_1-\beta_1 N_1 \cdot N_2 \\ \frac{dN_2}{dt}&=\alpha_2 N_2-\beta_2 N_1 \cdot N_2 \end{aligned}\right\} \tag{30}$$

(30)式をアナログコンピューターで解くときのブロック線図は第16図に示すとおりである。そしてその解の例は第17図aとbに $N_1$ と $N_2$ を夫々示す。この形は4つのパラメター ($\alpha_1$, $\beta_1$, $\alpha_2$, $\beta_2$) と両魚種の初期資源量 ($N_{10}$, $N_{20}$) によつて色々と異なるのであつて，第17図はその1例に過ぎない。

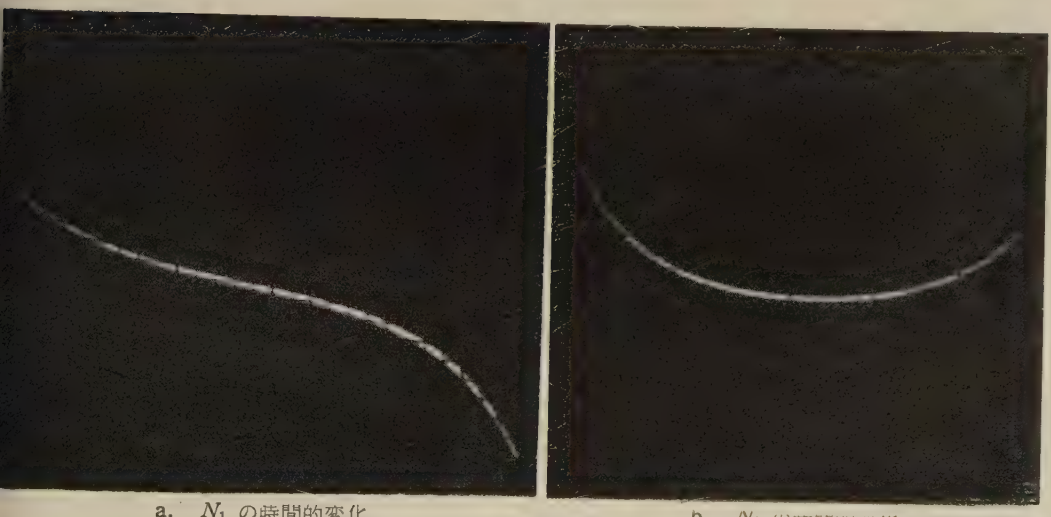
資源変動に及ぼす密度効果を考えるならば，

$$\left.\begin{aligned} \frac{dN_1}{dt}&=\alpha_1 N_1-\beta_1 N_1 \cdot N_2-\gamma_1 N_1^2 \\ \frac{dN_2}{dt}&=\alpha_2 N_2-\beta_2 N_1 \cdot N_2-\gamma_2 N_2^2 \end{aligned}\right\} \tag{31}$$

と書きあらわされることは食害関係の場合の(27)式と同様にして求めることが出来る。そして本報告の競合関係を解くにあたつては，食害関係のところで述べたと同じ理由により密度効果の項は省いてある(30)式を




**第 16 図**　2 魚種間の競合関係をあらわす(30)式を解くためのブロック線図



a.　$N_1$ の時間的変化　　b.　$N_2$ の時間的変化

**第 17 図**　(30)式を第 16 図のブロック線図で解いた 2 魚種の競合関係の計算例

解いた。この項を省くことによつて生じる分析の際の誤差は，漁獲統計資料の不備や取扱う年数（期間）の短いことなどより来る誤差に比して大きくはないと思う。

2 魚種による生物相について述べたが，生物社会の共存による相は 2 種の生物にのみによつてなつているのでないことは勿論である。多数の魚類や餌料生物を理論の中に入れれば，数理的には(26)式と(30)式の 2

元連立微分方程式の代りに多元連立微分方程式としてあらわされる。原理的にはアナログコンピューターで解き得ざるものではないが，計算するときに使用するユニット（特に非線型要素としての掛算器）が不足することになつて事実上は解けないことになる。又実際の漁業でとれる魚種を考えても，何種類もの魚種を選び出してそれらが一つの生物相をつくつて食害・競合で結び合つていると判定することは困難である。現在の水産資源の研究の段階では，第1近似と云う意味しかないけれども数学的モデルとして(26)式と(30)式によつて2魚種間の相互関係しか扱えないであろう。このような2つの理由により，本報告では2魚種間の相互関係を求めたものが殆んどである。

## 5. 南海区水域のクロマグロと沿岸魚種との相互関係について

### 5—1. VOLTERRA の式のアナログコンピューターによる解き方

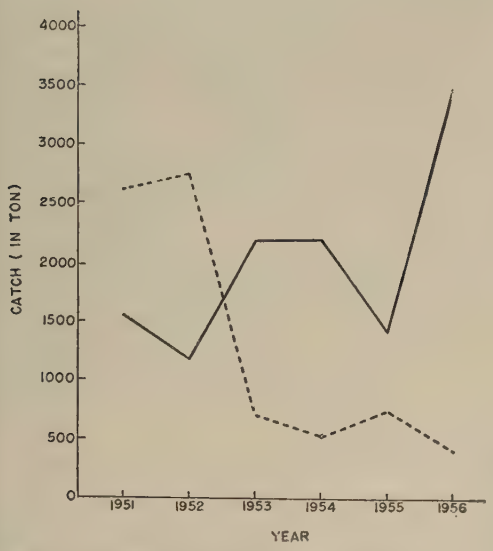
クロマグロは黒潮暖流の西即ち日本列島寄りに生活していて沿岸魚種を捕食していると考えられるので，食害関係の(26)式をして，$N_2$ としてクロマグロをとり $N_1$ として沿岸魚種をとつて計算してみることにする。(26)式中にあらわれるパラメター（$\alpha_1$, $\beta_1$, $\alpha_2$, $\beta_2$）は2魚種の相互関係の特徴を示す係数であるが，値は不明である。そのようなとき(26)式をアナログコンピューターで解くに2通りの計算方式が考えられる。

第1の方法は，ある年（$t=0$）の2魚種の資源量を夫々 $N_{10}$, $N_{20}$ とすれば，これを初期条件（初期資源量）として翌年（$t=1$）の資源量 $N_{11}$ 及び $N_{21}$ を(26)式を解いて求める。次に $N_{11}$ と $N_{21}$ を初期条件として(26)式を同じく解いてその翌年（$t=2$）の資源量 $N_{12}$, $N_{22}$ を求める。そして $N_{12}$, $N_{22}$ を初期条件としてさらにその翌年($t=3$)の資源量 $N_{13}$, $N_{23}$ を求めることが出来る。この手順を順次くりかえし行なうことによつて $N_1$ と $N_2$ の時間的変化（経年変動）を得ることができる。この理論的な経年変動の形と実際の変動の形とを比較することにより魚種間関係があるか否かの判定ができる。4つのパラメターについては夫々色々の値を入れて上の計算をしてみなければならないことは勿論である。だから試行計算の数はかなり多くなるが，それらのうちで理論変動と実際変動の合うものをさがし出すわけである。試行誤差法とみてよいであろう。理論変動と実際変動の合致する（完全とはいかないが近似的に）ものがあれば相互関係がみとめられると判定し，その計算に採用したパラメターの数値を以て魚種間相互関係の係数の推定値とみなす。

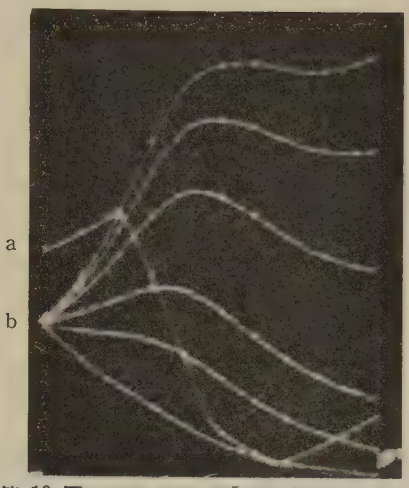
第2の方法は，捕食魚の資源量 $N_2$ の実際の変動を任意函数発生装置でつくりこれを(26)式の第1式に入れて解き，餌料魚種の資源量 $N_1$ の理論的変動を求める方法である。かくして求めた餌料魚種の理論的変動が実際の変動と合うように(26)式の第1式のパラメター（$\alpha_1$ と $\beta_1$）を色々と変えてみて試行誤差法によつてそれらの値を推定する。又逆に $N_1$ の実際の変動を任意函数発生装置でつくり(26)式の第2式を解いて $N_2$ の理論的変動を求めても方法としては同じである。本報告では第2の方法を採用して(26)式又は(30)式を解いて魚種間相互関係を求めた。

### 5—2. クロマグロとスルメイカの食害関係

クロマグロと沿岸魚種との関係は南海区水域の問題として取上げられた歴史[23)21)]があるので，その資料によつて計算をすすめた。第18図に示したのは南海区水域における1951年より1956年までのクロマグロとスルメイカの漁獲量の経年変化である。太い実線は捕食魚としてのクロマグロであり，点線はクロマグロの餌料魚種の一つと考えているスルメイカである。スルメイカを先づ選んだのは，沿岸魚種のうちではスルメイカはクロマグロの餌としては比重が大きいようであるからである。尚，クロマグロは産卵稚仔期と成魚期とでは分布海域が異なるけれども，ここではあくまでも漁獲対象資源を考えてその量の増減を餌料魚種との関連においてみている。故に再生産加入と云うことは若年魚の加入以外に摂餌による増量の因子もある。漁獲対象でなくその故未調査(資料のない)の生活圏における変動要因については抽象的には考えることは出来ても現実問題としては何も触れることはできない。以下単に資源量と記すがこれは漁獲対象となる来游資源量と解してよく，又このことが相互関係の基本式を変えるものではない。




**第 18 図**　南海区水域のクロマグロ（実線）とスルメイカ（点線）の漁獲量の経年変化。




**第 19 図**　スルメイカの 1951 年より 1955 年までの実際の経年変化（a）に対応するところの捕食魚の理論的な経年変化（b）。(26)式のパラメター $\alpha_2$ を 6 通りに変えた場合の解である。

第 18 図に示したスルメイカの漁獲量の変動を(26)式の $N_1$ と考え*，クロマグロの理論的変動を(26)式の第 2 式によつて解いたものが第 19 図である。勿論アナログコンピューターで解いたものであり，前節で述べた第 2 の方法を採用した。第 20 図はそのブロック線図である。すなわち，1951 年より 1955 年までのスルメイカの経年変動 $N_1$ を任意函数発生装置でつくつたものが第 19 図中の折線 a であり，これに対応するところの(26)式の第 2 式の解としての $N_2$ は曲線群 b として求められている。曲線群として示されているのはパラメターの値が変つているからであり　第 19 図のは $\beta_2=0.6$ で $\alpha_2$ は 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 1.0（曲線群の上より）と変化させてある。実際のクロマグロの経年変動に対比させてみると，$\alpha_2=0.2$ の場合の理論曲線とほぼ同じ形になる。このことにより 1951 年から 1955 年までの資料の分析に関する限り両魚種間には食害関係があるとみとめても不合理ではないことになる。

生物群集の増大を論ずる際には密度効果を無視することはできない。これを考慮すると(26)式の代りに(27)式となり，$\gamma_1$, $\gamma_2$ が密度効果の係数である。第 19 図に示した(26)式の第 1 式の解法と同じようにして，(27)式の第 2 式を解く場合のブロック線図は第 21 図であり，実際に計算した解は第 22 図に示してある。解の形としては密度効果のない場合と殆んど同じようなものを得ることができる。しかしながらパラメター（$\alpha_2$ と $\beta_2$）の推定値は密度効果のない場合のそれとは大いに異なつていることは勿論である。密度効果を考えると否とにかかわらず定性的な形（相互関係のあるかないかの判定）としては同じような結論が得られること

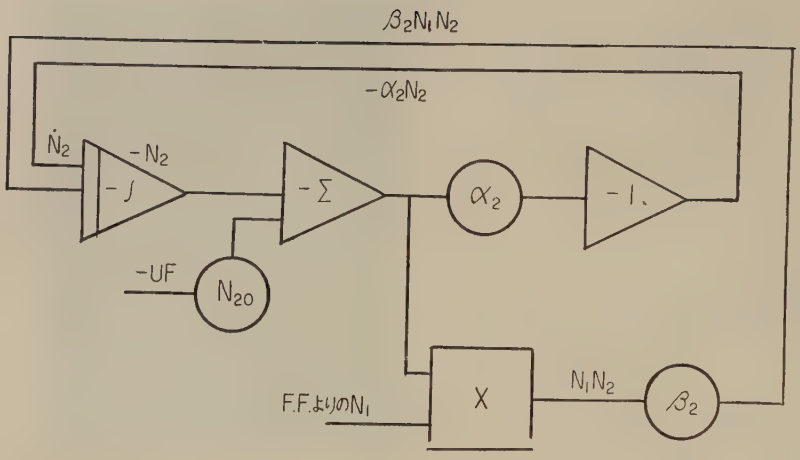
---

*　資源量が不明であるので漁獲量を資源の大きさの指標と考えた。この点は今後くわしく検討する必要がある。本報告での相互関係の取扱は理想的精密さで以て表現されたものではないので，巨視的な平均的な分析には漁獲量で以て資源量の指数と考えることも適宜なものとして是認される場合も多いと思われる。尚，単位努力当りの漁獲量 $C/X$ は(14)式と(17)式とより

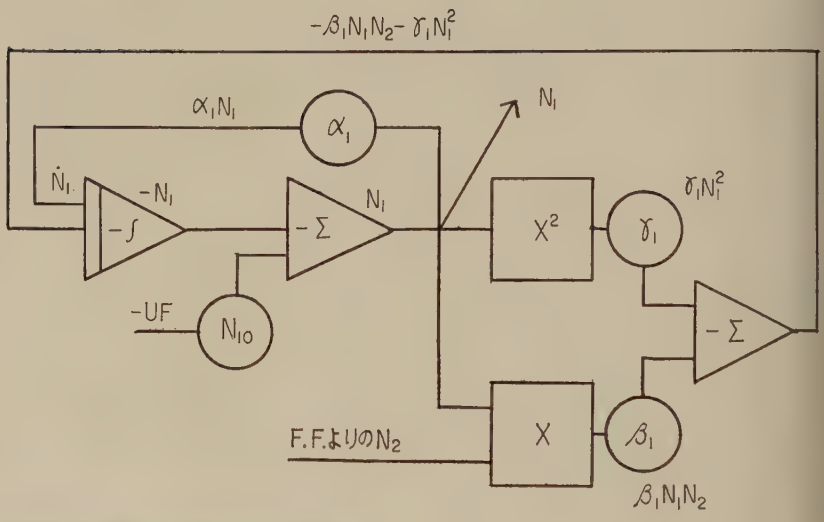
$$\frac{C}{X}=N\cdot\frac{q}{M+qX}\{1-e^{-(M+qX)}\}$$

と書けるので，一般的に言われているような $C/X$ と $N$（資源量）との比例関係はなく，$C/X$ は $X$ の単調減少函数である。資源量が同じであつても漁獲努力が変れば単位努力当りの漁獲量も変るので厳密な意味では資源量の指標とはならない。

しかし $C$ を資源量の指数とするよりは良いと思われるので，漁獲努力量の資料の整備しているものについては $C/X$ 又は漁場別の $C/X$ より導かれる資源量指数を用いる方がよい。後章でその例を示す。




**第 20 図**
第 19 図の解を求めたブロック線図。(26)式の第2式を解くことになる。$N_1$ がスルメイカ，$N_2$ がクロマグロである。




**第 21 図**
密度効果を考慮して(27)式の第1式を解くためのブロック線図。$N_2$(クロマグロ)を任意函数発生装置(F.F)でつくつて $N_1$(スルメイカ)を求めている。

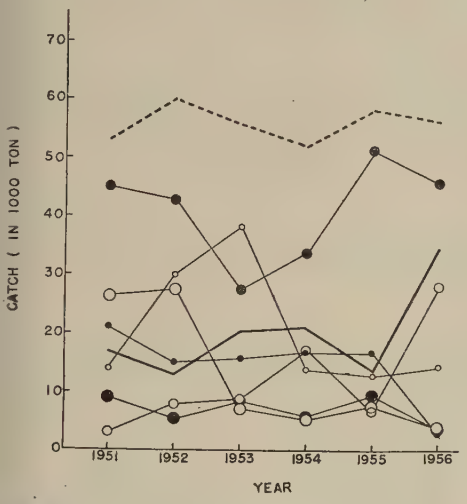
**第 22 図** (27)式を第 21 図のブロック線図で解いた理論的な $N_1$ の形。$\gamma_1$ を4通りに変えてある。

がわかつたし，3章4節と4章の密度効果を論じた部分にしるしたと同じ理由により以下の相互関係の数理的取扱においては密度効果の項を省くことにする。

第19図に示したのは1951年より1955年までについてである。スルメイカの変動を1956年までとつて計算してみると，(26)式の第2式の $\alpha_2$ や $\beta_2$ をいかに変えてもクロマグロの1956年までの変動に似た理論的な $N_2$ の形を得ることはできなかつた。すなわち1955年までならばスルメイカとクロマグロは(26)式であらわされる食害関係があるとも解釈できようが，1956年までの変動はそれだけでは説明しえないことが明らかとなつた。

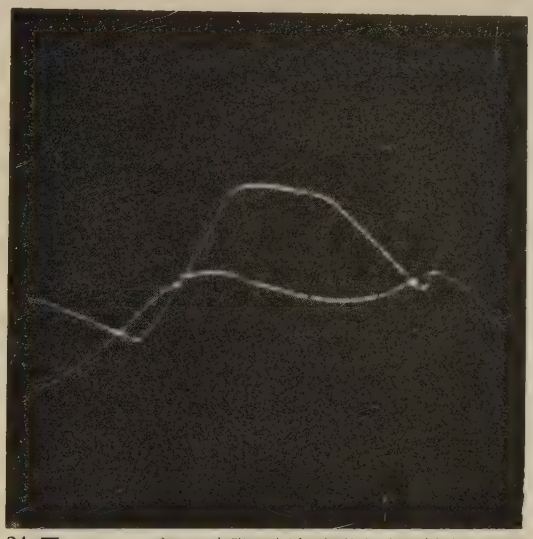
### 5—3. クロマグロと沿岸魚種との食害関係

スルメイカとの関係のみでは説明できなくなつたので，次に沿岸魚種との関係をみよう。第23図に主要な沿岸魚種（マイワシ，カタクチイワシ，ウルメイワシ，アジ，サバ，スルメイカ）の漁獲量の経年変化を示してある。点線はそれらの総量である。




**第23図**　南海区水域のクロマグロ（太い実線）と沿岸魚種の漁獲量の経年変化。

•：マイワシ　　∘：アジ
●：カタクチイワシ　　○：サバ
●：ウルメイワシ　　◯：スルメイカ
…… 点線は沿岸魚種の総量




**第24図**　クロマグロの実際の経年変動（a）に対応するところの理論的な餌料魚種の経年変動（b）。bの曲線の形は第23図の点線（沿岸魚種の総量）とよく似ている。

今クロマグロの1951年より1956年までの経年変動を任意函数発生装置でつくり，これを $N_2$ として(26)式の第1式を解けば餌料魚種の理論的な変動 $N_1$ を得る。第24図はその結果であつて，折線aは実際のクロマグロの変動 $N_2$ であり，曲線bはそれに対応する $N_1$ の理論的変動である。パラメターの推定値は $\alpha_1=0.96$，$\beta_1=1.6$ である。この形は沿岸魚種の漁獲の総量（第23図中の点線）に合うようにしたものである。だから沿岸魚種総量とクロマグロとは長期にわたり食害関係があるのではないかと云うことが推測される。$\alpha_1$ や $\beta_1$ をどのように変えても個々の沿岸魚種の年変動と似ているものは見つけることはできなかつた。

これらのことを綜合すると，南海区水域のクロマグロは個々の魚種と短期間においては食害関係があるように見られることもあるが，長期的にみるならば沿岸魚種の総量との間により深い食害関係があるものと推定される。

### 5—4. 仮定の検討

南海区水域のクロマグロと主な沿岸魚種間に(26)式であらわされる食害関係があるか否かをアナログコン

ピューターで計算した結果を示したのがこの章で述べてきたところである。クロマグロとスルメイカは1951年より1955年までは食害関係が成り立つが，1956年を含めるとこのような関係は見出されず，そのような少し長期に考えた場合には沿岸魚種の総量と食害関係にあることが見出されるのである。しかしここで注意したいことはつぎのような 2, 3 の前提と仮定のあることである。

$N_1$ 又は $N_2$ として漁獲量で代用している。$N_1$ と $N_2$ は資源量であるべきものであるから，資源の大きさは漁獲量に比例すると仮定していることになる。漁獲量は分つているが資源量が不明であるのが普通であるので，何らかの形で資源量又はその相対的な指数を求めねばならない。簡単な例として単位漁獲努力量あたりの漁獲量であらわす。それと漁獲量とは事実の上では比例することが多いので，この報告では漁獲量で以て資源量の目安として計算した。このことがみとめられない場合には資源量或は適当な相対的な資源量の指標を求めて相互関係の計算をしなければならない。

魚種間食害関係のパラメターの推定値は一応記してあるが，この値はあくまでも定性的な或は相対的なものである。例えば密度効果を考慮すれば推定値は変つてくる。(26)式が成り立つか否かを判定する定性的な考察のためのものであるから，パラメターの推定値は絶対値とみなさず相対値としてみるべきものである。

以上の仮定と注意及び3章と4章の理論的取扱のところで述べた仮定のもとでならば，クロマグロと沿岸魚種とは南海区水域で食害関係があるとして考えてもよいことが言えよう。しかしクロマグロの胃内容物の種類と量，クロマグロの分布区域の季節的変化，クロマグロ体重分布の経年変化[36] などを考えに入れて取扱つたものでなく，漁獲統計資料よりのみの分析による結論であるから，食害関係の生物学的基礎については別に検討されねばならないだろう。

## 6. 佐渡の定置網と底曳網の漁獲物の魚種間相互関係について

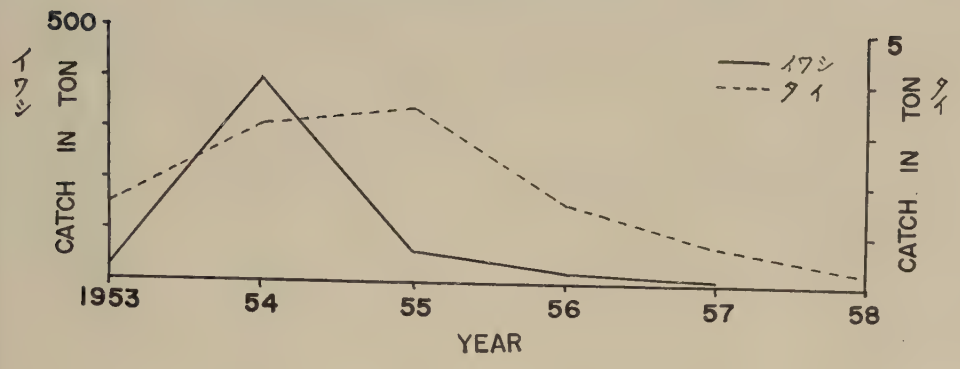
### 6—1. 漁獲の経年変化

佐渡島両津の漁業協同組合の漁業種別・魚種別の漁獲記録を，魚種間相互関係の分析研究の立場で分析してみた。資料（漁獲統計）は 1953 年より 1958 年までの6年間あり，定置にてはマイワシ，その他のイワシ類，サバ，タイ，ブリ，サメ，アジ，カツオ，マス，トビウオ，マグロ，カレイ，ホツケ，サンマ，フグ，スルメイカ，その他のイカ，シイラ等が漁獲されており，底曳網ではタイ，タラ，スケトウ，カレイ，サメ，ホツケ，ハタハタ，メバル，カニ，エビ，タコ，ニギス，イカ等が漁獲の対象である。経年変動の形の同じようなものをまとめて図示すると定置網では第 25 図 (a. マイワシ，タイ，b. その他のイカ，その他のイワシ類，マグロ，マス，c. サバ，d. カレイ，e. ブリ，サメ，f. イカ，g. アジ)，底曳網では第 26 図 (a. タラ，b. ホツケ，ハタハタ，タコ，カニ，エビ，c. カレイ，スケトウ) となる。

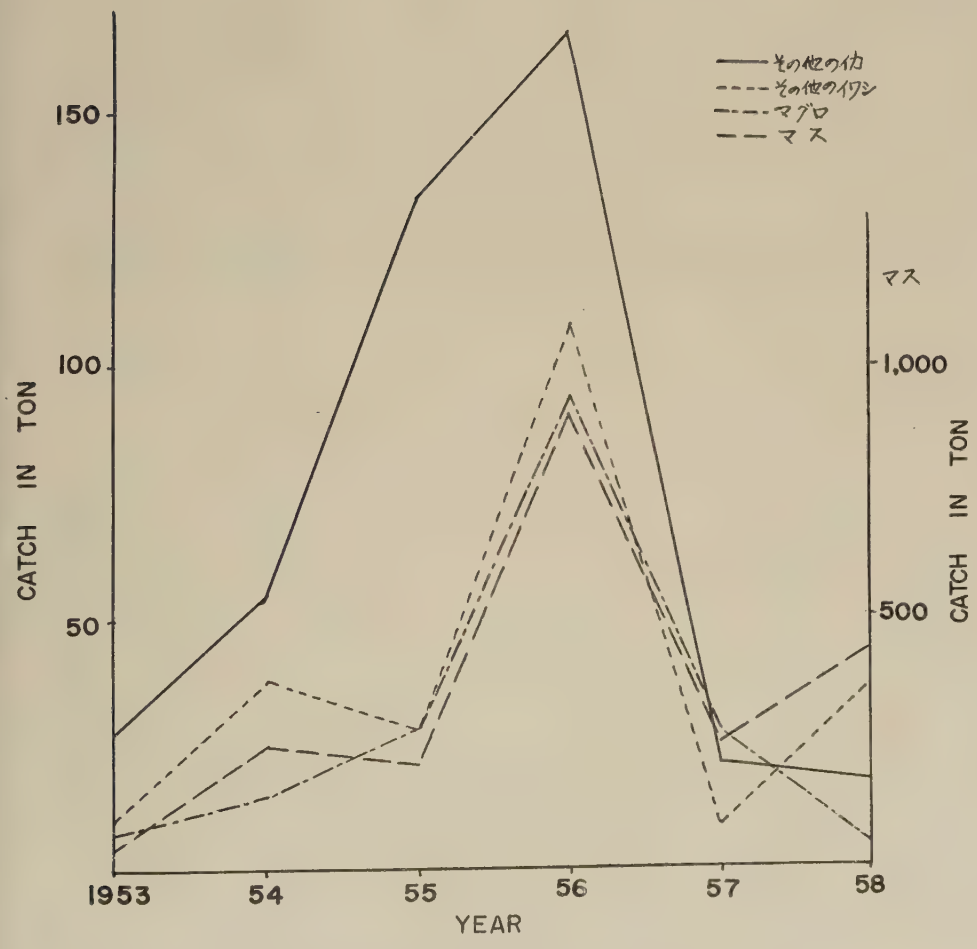
これらの経年変動を，前章で述べたと同じ方法で分析して相互関係の有無を論じた。即ち(26)式又は(30)式の第1式（式の形としては全く同じものである）において，$N_2$ にある魚種Bの実際の経年変動を任意函数発生装置であたえられたとき，$N_1$ の理論的変化を求め，この理論的経年変化の形と他のある魚種Aの実際の経年変動とが相似しているならば，両魚種AとBとは相互関係にあるとみとめるわけである。相互関係がみとめられた場合でも，それが食害関係か（即ち(26)式の第1式の解なのか）又は競合関係か（即ち(30)式の第1式の解なのか），は，両式が同一であるので判定出来ない。それは生物調査（特に胃内容物調査）によつてきめるよりし方がない。常識的にはブリ，サメ，マグロの類を捕食魚と考え，これら魚種と他の魚種間とで相互関係のある場合には食害関係としてよい。そして同一栄養水準とみなし得る魚種間のものは競合関係と考えればよいであろう。

### 6—2. 定置網で漁獲される魚種間の相互関係

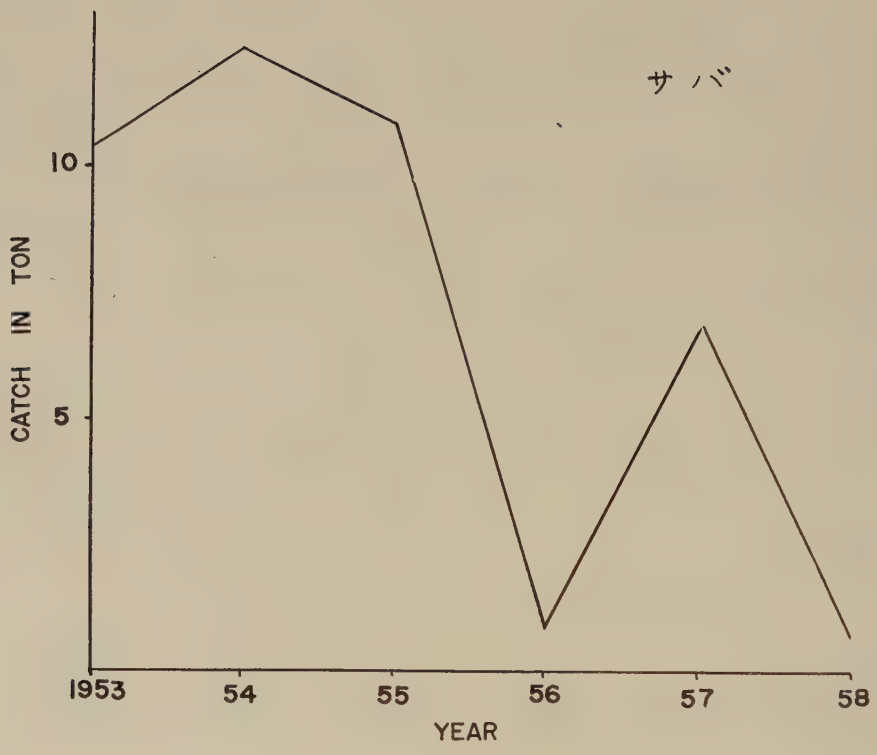
定置網で漁獲される魚種は第 25 図に示したように7つの型に分けられる。これら魚種間で相互関係を分析した結果では，タイとカレイ，アジとカレイ，マグロとサメ，マイワシとアジに相互関係がみとめられた。いづれも競合関係であろう。第 27 図 a, b, c, d にアナログコンピューターの解を示す。図中の折線が(26)


500
イワシ
CATCH IN TON
5
タイ
CATCH IN TON
イワシ
タイ
1953
54
55
56
57
58
YEAR

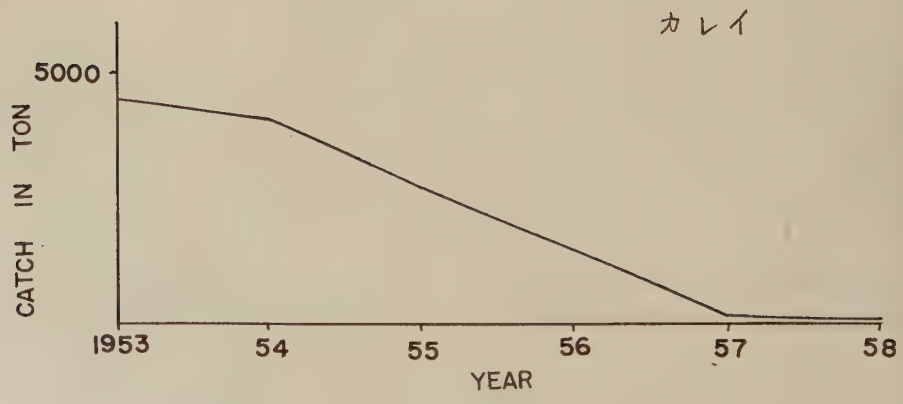
a.


その他の仏
その他のイワシ
マグロ
マス
150
100
50
CATCH IN TON
マス
1,000
500
CATCH IN TON
1953
54
55
56
57
58
YEAR

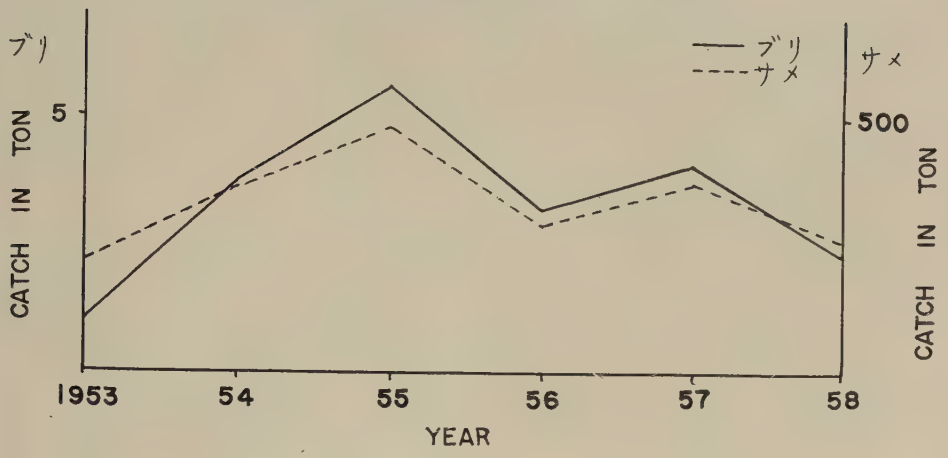
b.


サバ
10
5
CATCH IN TON
1953
54
55
56
57
58
YEAR

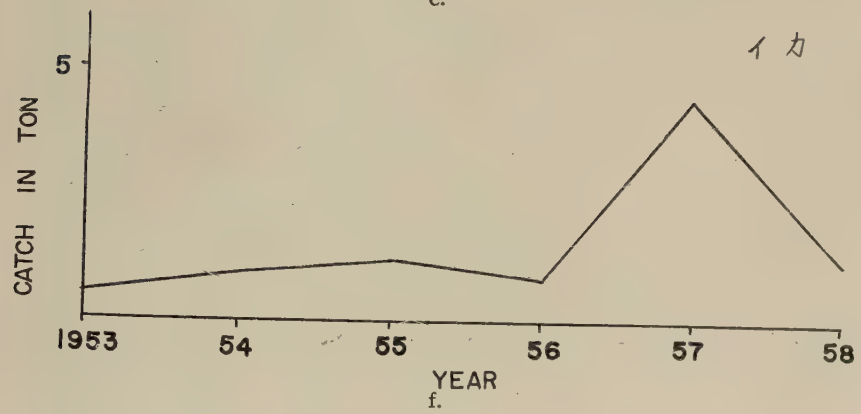
c.


カレイ
5000
CATCH IN TON
1953
54
55
56
57
58
YEAR

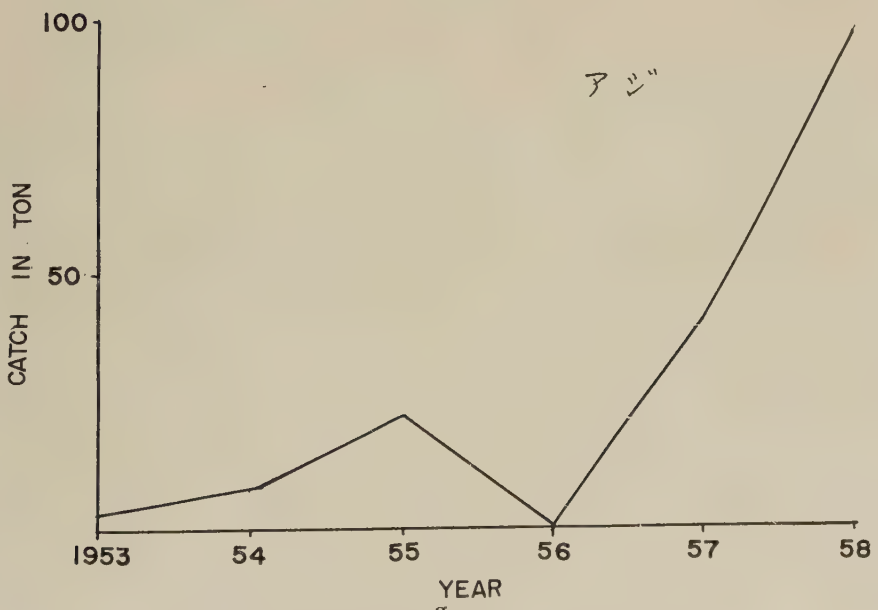
d.




e.

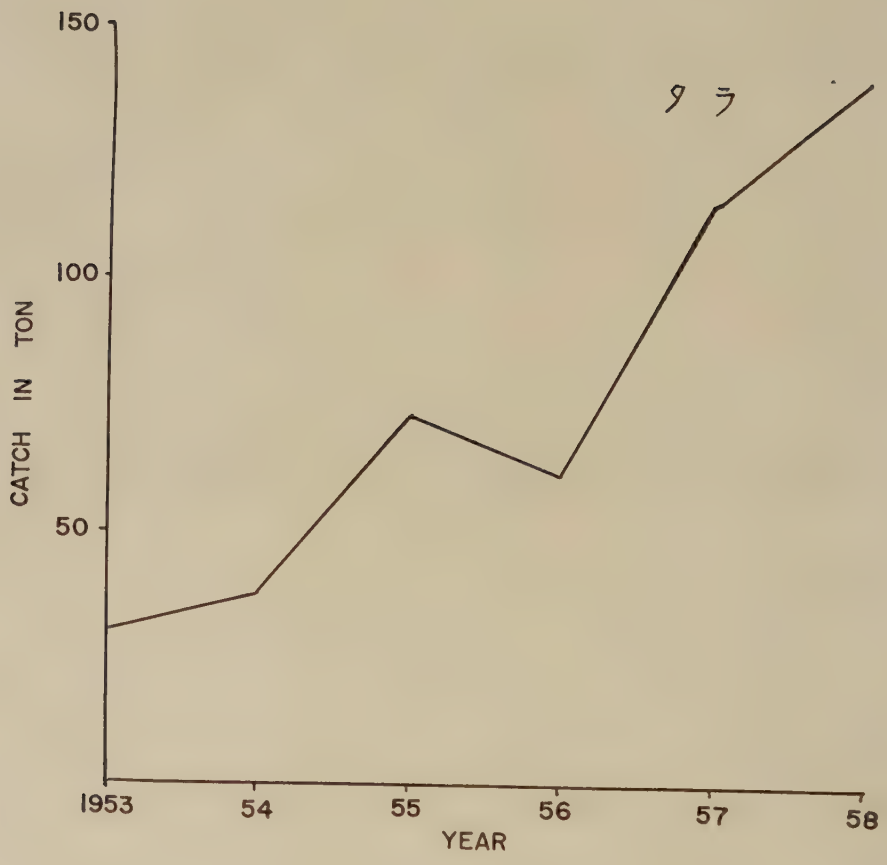



f.

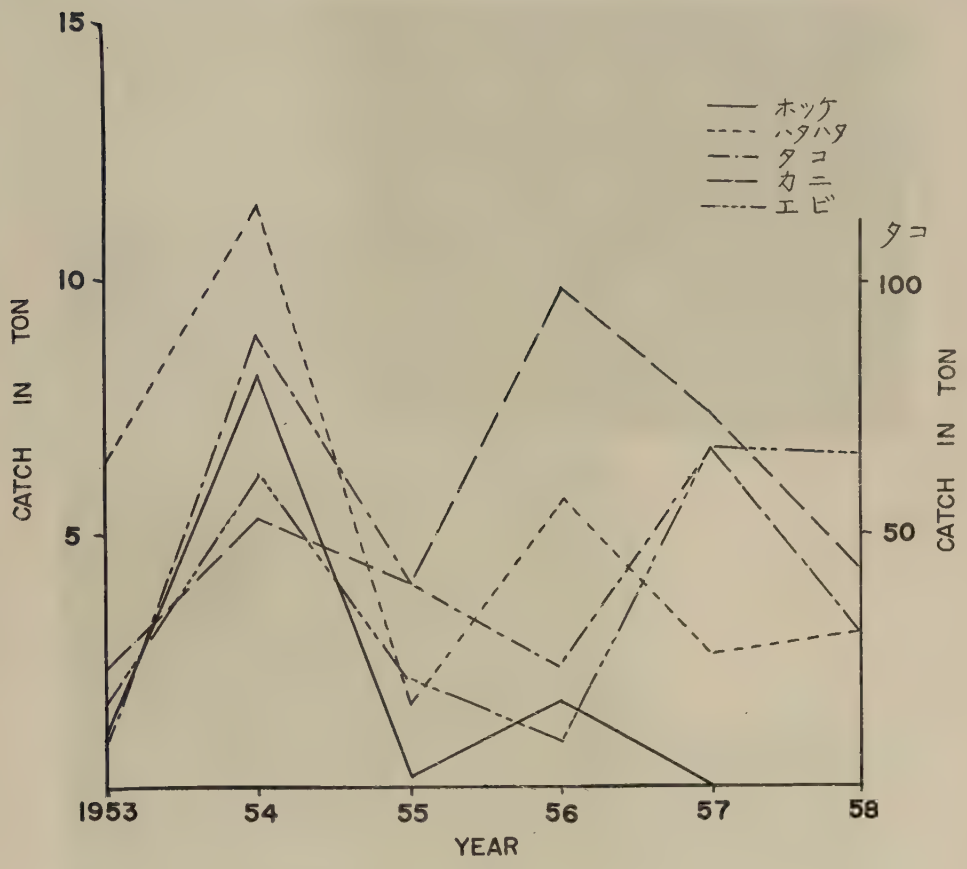



g.

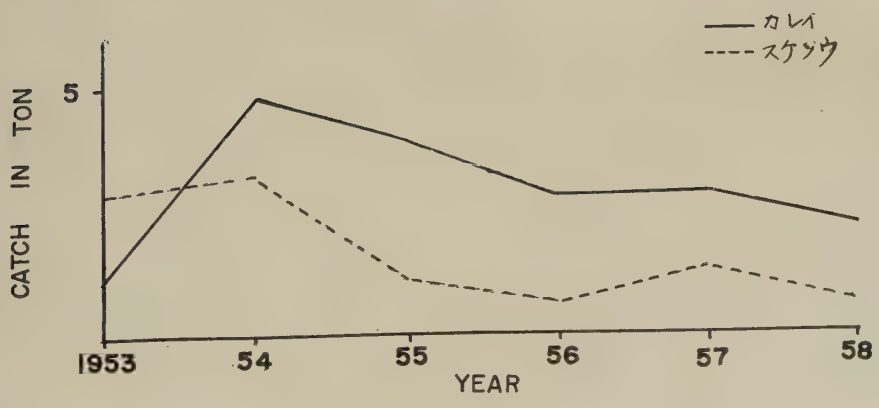
第 25 図　佐渡の定置網漁獲魚種の漁獲量。
経年変動の傾向によつて 7 つの型に分類した。




a.

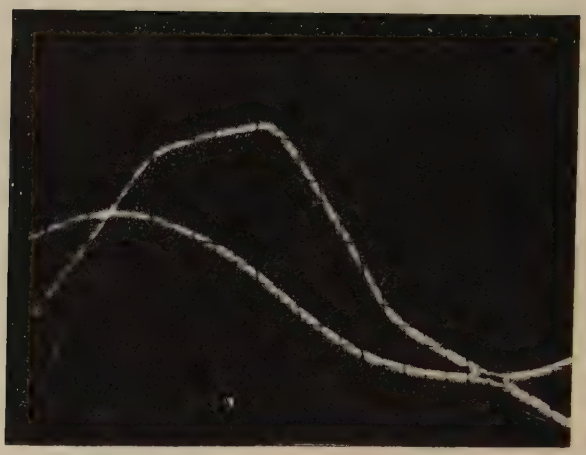



b.



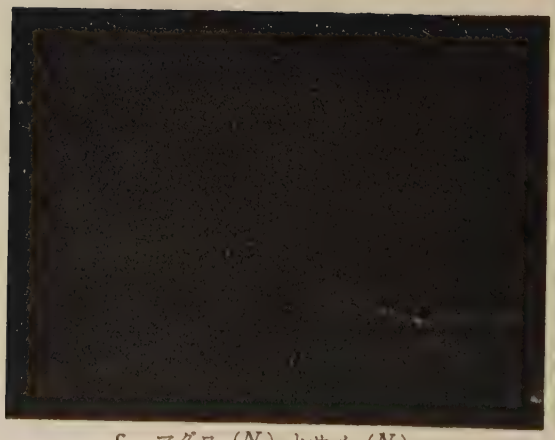

c.

第 26 図　佐渡の底曳網漁獲魚種の漁獲量。
経年変動の傾向によつて3つの型に分類した。

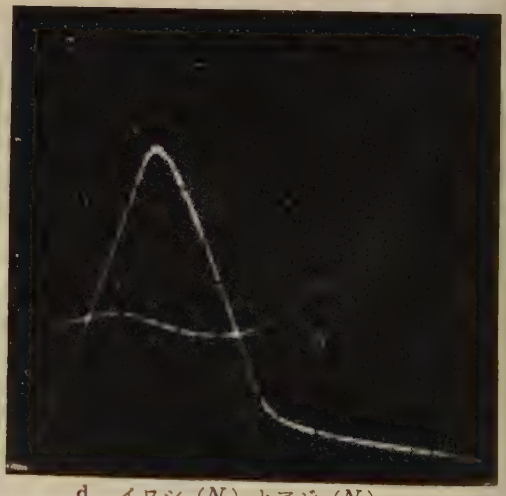


a. タイ ($N_2$) とカレイ ($N_1$)

b. アジ ($N_2$) とカレイ ($N_1$)



c. マグロ ($N_2$) とサメ ($N_1$)



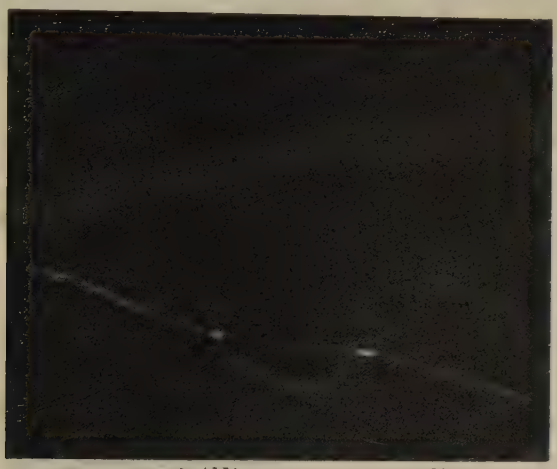
d. イワシ ($N_2$) とアジ ($N_1$)

**第 27 図** 佐渡の定置網で漁獲される魚種間の相互関係の存在を示すアナログコンピューターの解。$N_2$ が任意函数発生装置でつくつた折線であり，$N_1$ が解として求めた理論的な曲線である。

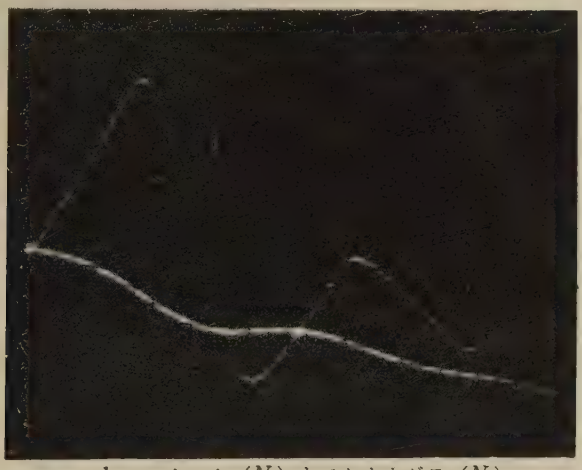
式又は(30)式の第1式の $N_2$ に相当するものである。

### 6—3. 底曳網で漁獲される魚種間の相互関係

底曳網で漁獲される魚種は第 26 図に示したように3つの型にその変動傾向を分類することができる。これら魚種間ではエビとスケトウ，ハタハタとスケトウに相互関係がみとめられた。アナログコンピューターの解を第 28 図 a, b に夫々示す。タラとは相互関係のある魚種は無い。



a. エビ ($N_2$) とスケトウダラ ($N_1$)

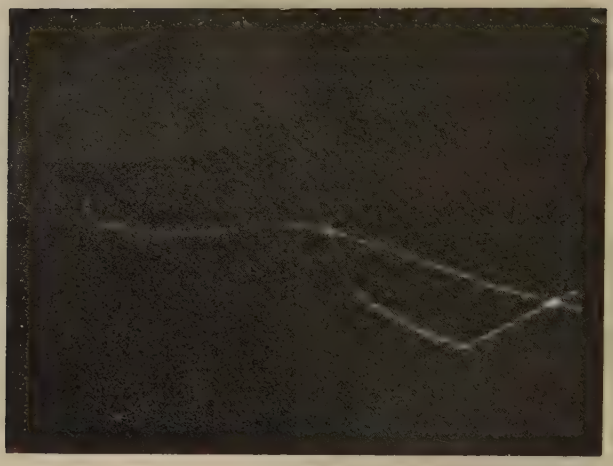


b. ハタハタ ($N_2$) とスケトウダラ ($N_1$)

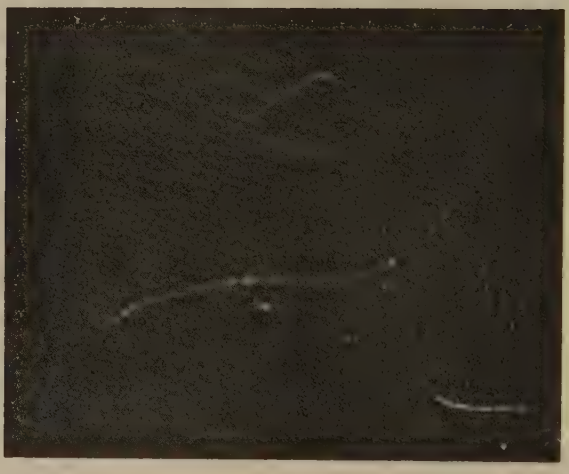
**第 28 図** 佐渡の底曳網で漁獲される魚種間の相互関係の存在を示すアナログコンピューターの解。図中の折線が $N_2$，曲線が理論的な $N_1$ の解であることは第 27 図の説明と同じである。

### 6—4. 定置網で漁獲される魚種と底曳網で漁獲される魚種との相互関係

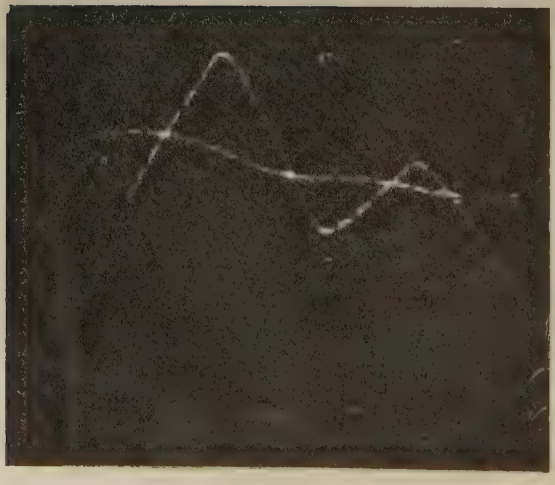
第 25 図の定置網漁獲魚種と第 26 図の底曳網漁獲魚種との間の相互関係を分析すると，サバ（定置網）とスケトウ（底曳網），その他のイカ（定置網）とタラ（底曳網），ブリ（定置網）とカレイ（底曳網），タラ（底曳網）とタイ（定置網），カニ（底曳網）とカレイ（定置網），カレイ（底曳網）とカレイ（定置網）に夫々相互関係がみとめられた。第 29 図 a, b, c, d, e, f にアナログコンピューターの解を図示する。



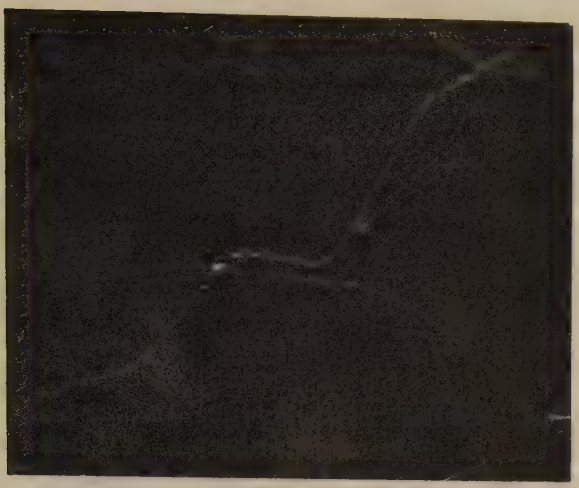
a. サバ（定置網）と
スケトウダラ（底曳網）



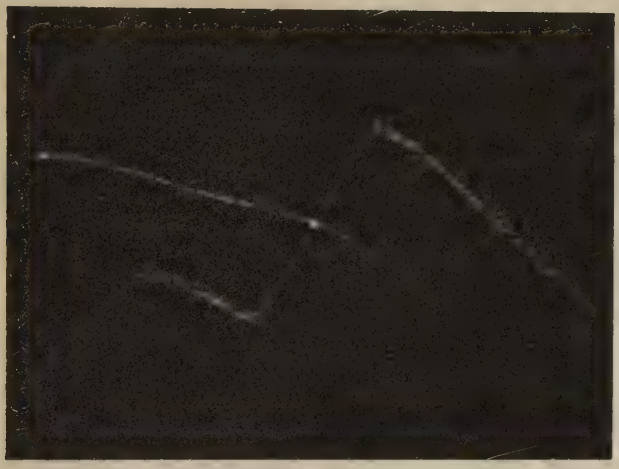
b. その他のイカ（定置網）と
タラ（底曳網）



c. ブリ（定置網）と
カレイ（底曳網）



d. タラ（底曳網）と
カレイ（定置網）



e. カニ（底曳網）と
カレイ（定置網）

f. カレイ（底曳網）と
カレイ（定置網）

**第 29 図**　佐渡の定置網漁獲魚種と底曳網漁獲魚種との間の相互関係。
最初に書いた魚種が $N_2$ として折線でえがかれている。

### 6—5. 問題点

定置網漁獲魚種間，底曳網漁獲魚種間及び定置網漁獲魚種と底曳網漁獲魚種との間には第 27 図，第 28 図及び第 29 図に示したような相互関係（主として競合関係）が現象的にみとめられたが，それが何に基因しているのかについては言及することはできない。それには環境要因との相関，稚仔発生量と再生産加入量との関係，胃内容物を含む生物学的調査などについての知見が必要になつてくるであろう。しかし現在ではこれらについての何の情報も持ち合せていないものが多いので確定的なことを述べられないのは残念である。今後の検討にまつより外ない。

分析したのは 1953 年より 1958 年までの 6 年間の資料である。あまり長期の資料でないことはそれだけ見かけだけの相互関係を求める事例が多くなると思われる。短期間の資料による結論でなく長期の資料の分析ではどうなるか順次研究を進めるべきである。

次に問題になるのは前章でも述べたが，資源量の目安として漁獲量を以てしたことである。そうでなくて実際の資源量（今のところ不明であるが）又はその相対的指数で計算すればどうなるであろうか。数理的取扱にとつても興味のあるところである。資源の相対的指数は，漁獲努力量が明らかであれば単位努力あたりの漁獲量で代用し得るが，それが資源量に比例すると云う証明のない限りやはり試算の域を出ない。

さらに漁場での各魚種のすみ分けの問題もある。生態上の現象・知見との対比も当然考慮しなければならない。ことに越佐海峡の底曳漁業では，ある時期にある限られた面積でしか漁場を形成しないならば尚さらである。

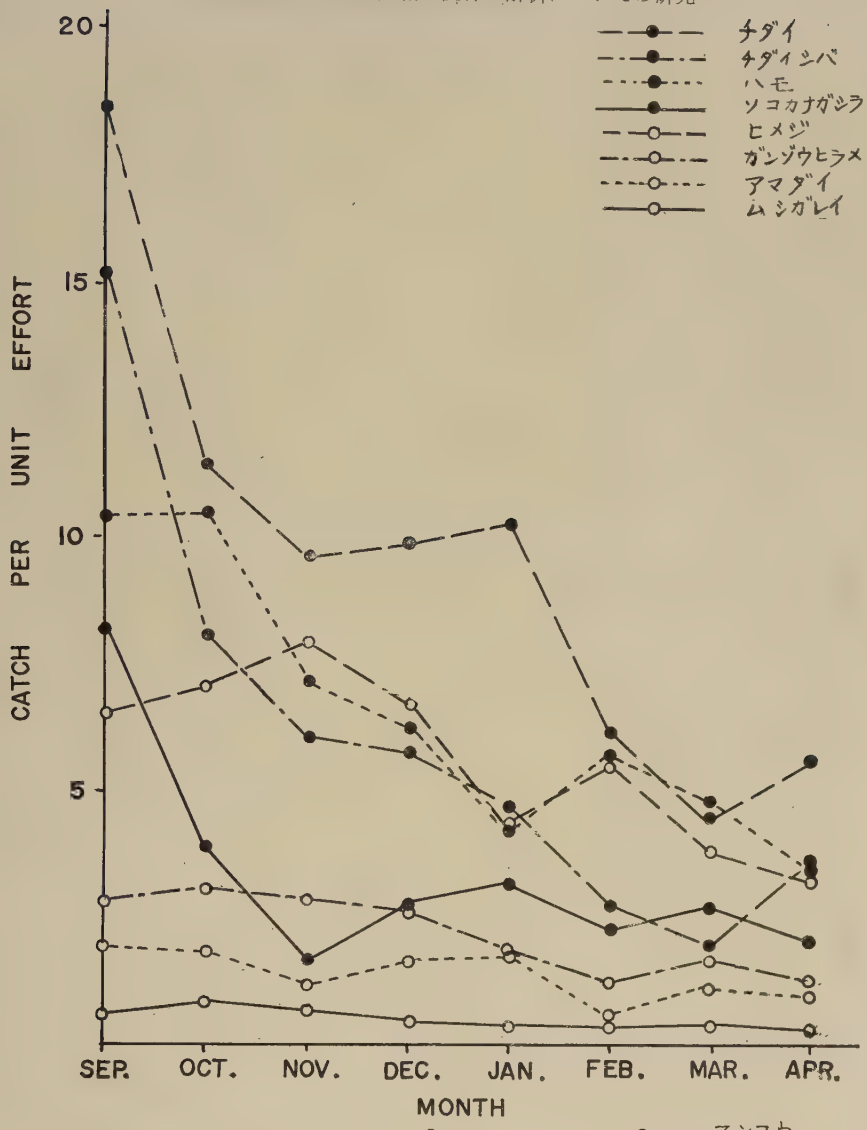
以上の諸問題や疑問は充分検討に値するものであるがその本質についてここでふれ得ないのは残念である。本報告では，現象的にある特定の魚種間で相互関係がみとめられることを述べたのみであるが，これを土台として原因の追求，問題点の解明へと次の研究が発展することを望むものであり，その礎石とならば幸いである。

## 7. 南海区水域底魚の魚種間の相互関係について

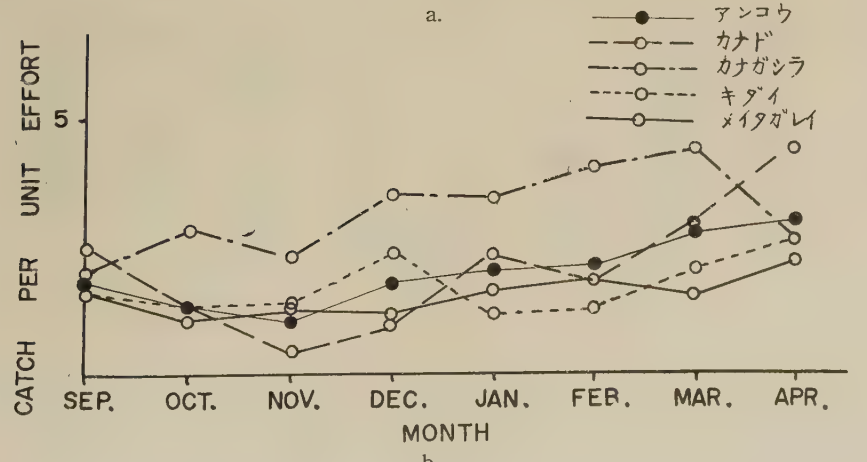
### 7—1. 1曳網あたり漁獲量の月変化

前章までに分析した南海区水域のクロマグロと沿岸魚種及び佐渡の定置網と底曳網の漁獲魚種においては，資源量の目安として漁獲量をとつてきた。近似的には許される場合があるとしても理論的には合理性はない。資源量の相対的な指数として単位努力当りの漁獲量を用いることもしばしばある。これとてもその正しさの証明はないが，ある程度は魚群密度の反映と云ふことで是認されることもあろう。これから述べる南海区水域の底魚の解析には，資源量指数として漁獲量でなく 1 曳網あたりの漁獲量を採用した。又今までに分析したものは経年変動であつたが，南海区底魚にては月変化を分析したことも変つた点の一つである。月変化の解析では，経年変動による解析よりもずつと強く魚種の生態上の差があらわれてくると思われる。即ち生活週期の相異や漁場すみ分けなどの要因が表面にでてくるものと考えられる。

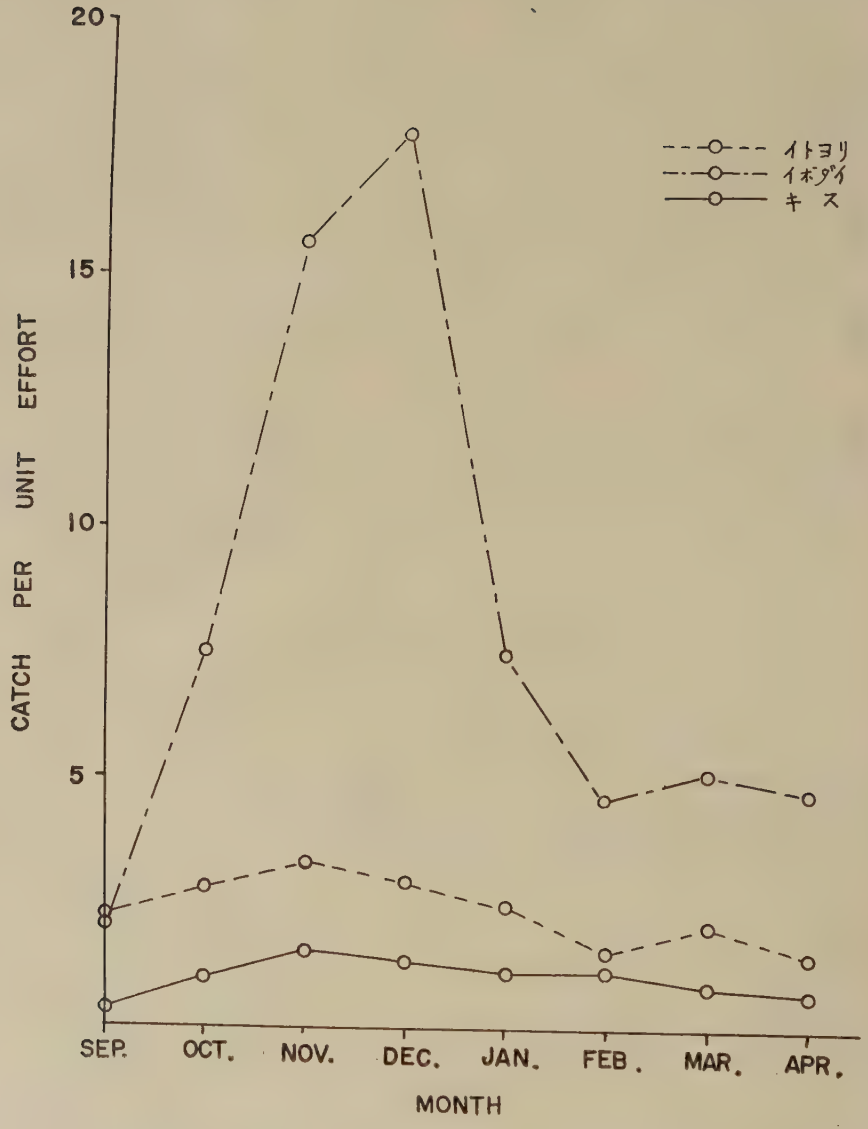
底魚についての南海区水域とは，瀬戸内海の伊予灘から豊後水道，日向灘にかけての水域を指している。底曳漁業は主として 2 そう曳中型機船で行なわれているが，その他に 1 そう曳中型機船底曳と小型機船底曳とがある。魚種別 1 曳網あたりの漁獲量は，加入時期（漁獲の対象となる時期），回游期，増殖過程，死滅過程，資源特性値推定，生活圏の地理的相異の研究などに必要であるので，旬毎に算定して発表[37]されている。但し 1954 年より 1956 年までの 3 漁期の平均値としてである。旬別ではあまり細かすぎるのでそれを月別に直して 1 曳網あたり漁獲量の月変化を求めた。各魚種によりその変動傾向は異なるけれども，大別すると 7 つの型（a 型～g 型）に分類される。a 型は漁期のはじめより終漁期にかけて減少するものであつて，チダイ，チダイ芝，ハモ，ソコカナガシラ，ヒメジ，ガンゾウヒラメ，アマダイ，ムシガレイがこれに属し，これらを第 30 図 a に図示する。b 型は終漁期にかけてやや増加する形のものであつて，第 30 図 b に示すようにカナド，カナガシラ，メイタガレイ，キダイ，アンコウがこの型となる。c 型は漁期前半に山のあらわ


20
15
10
5
CATCH PER UNIT EFFORT
SEP.
OCT.
NOV.
DEC.
JAN.
FEB.
MAR.
APR.
MONTH
チダイ
チダイシバ
ハモ
ソコカナガシラ
ヒメジ
ガンゾウヒラメ
アマダイ
ムシガレイ

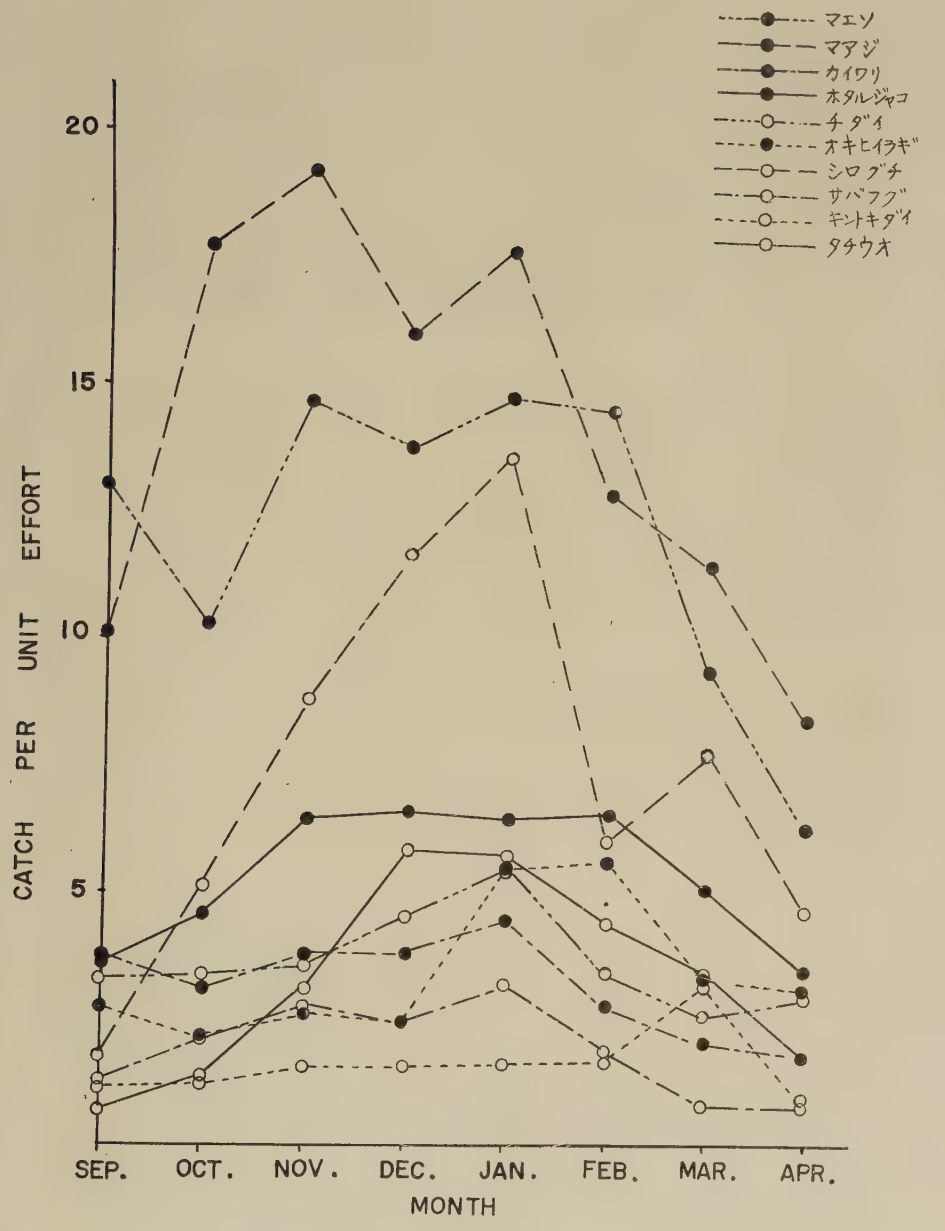
a.


5
CATCH PER UNIT EFFORT
SEP.
OCT.
NOV.
DEC.
JAN.
FEB.
MAR.
APR.
MONTH
アンコウ
カナド
カナガシラ
キダイ
メイタガレイ

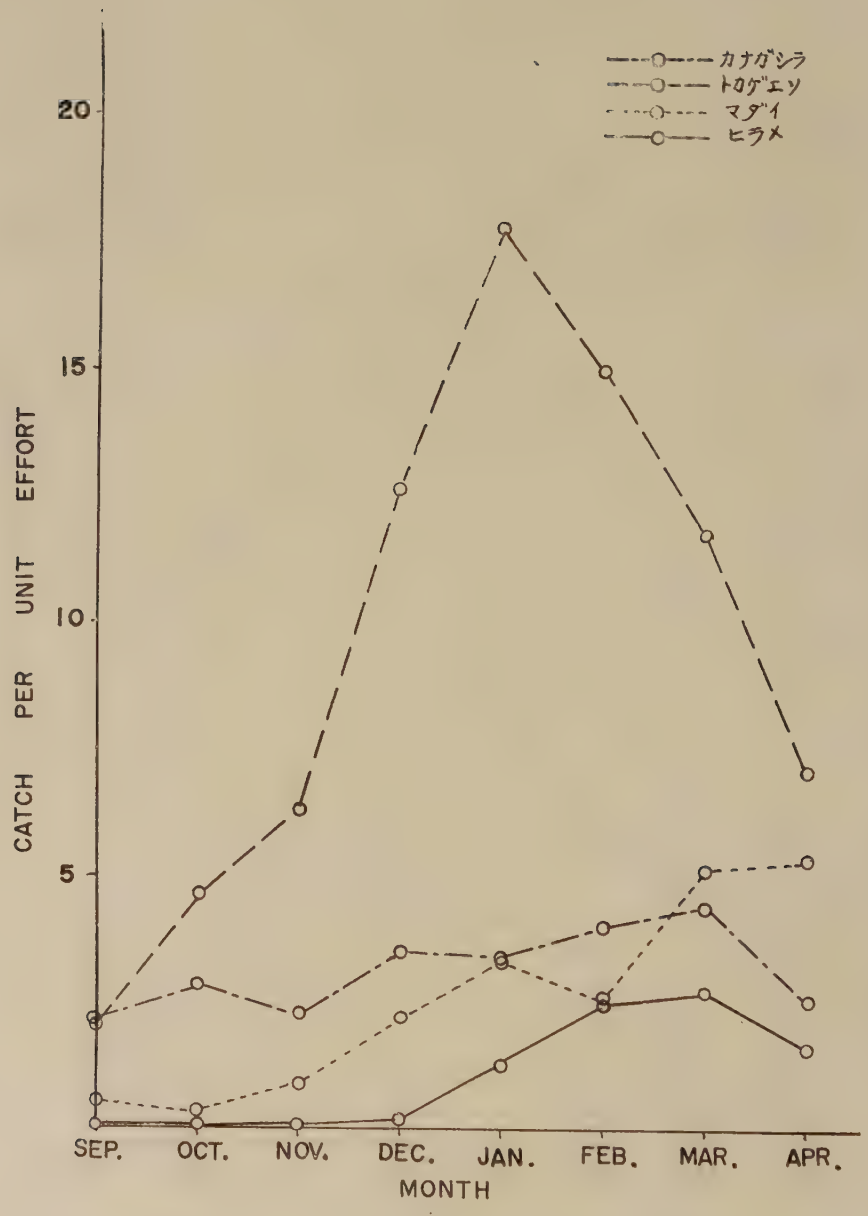
b.


20
15
10
5
CATCH PER UNIT EFFORT
イトヨリ
イボダイ
キス
SEP.
OCT.
NOV.
DEC.
JAN.
FEB.
MAR.
APR.
MONTH

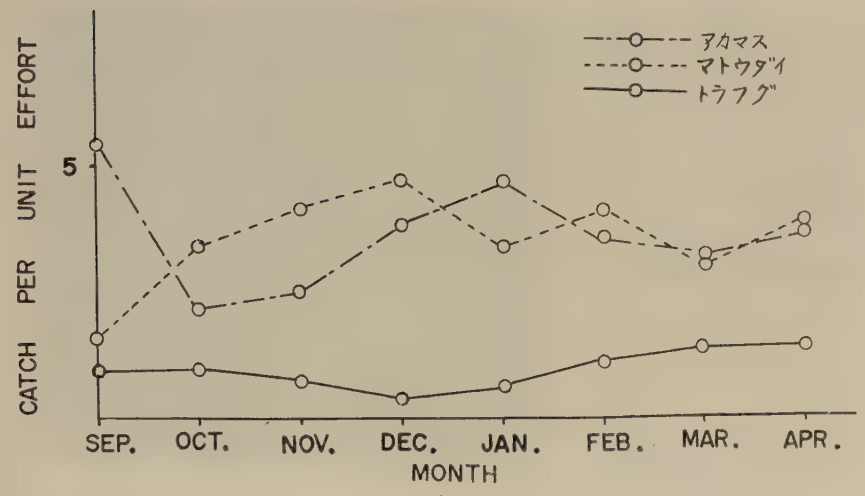
c.


マエソ
マアジ
カイワリ
ホタルジャコ
チダイ
オキヒイラギ
シログチ
サバフグ
キントキダイ
タチウオ
CATCH PER UNIT EFFORT
20
15
10
5
SEP.
OCT.
NOV.
DEC.
JAN.
FEB.
MAR.
APR.
MONTH

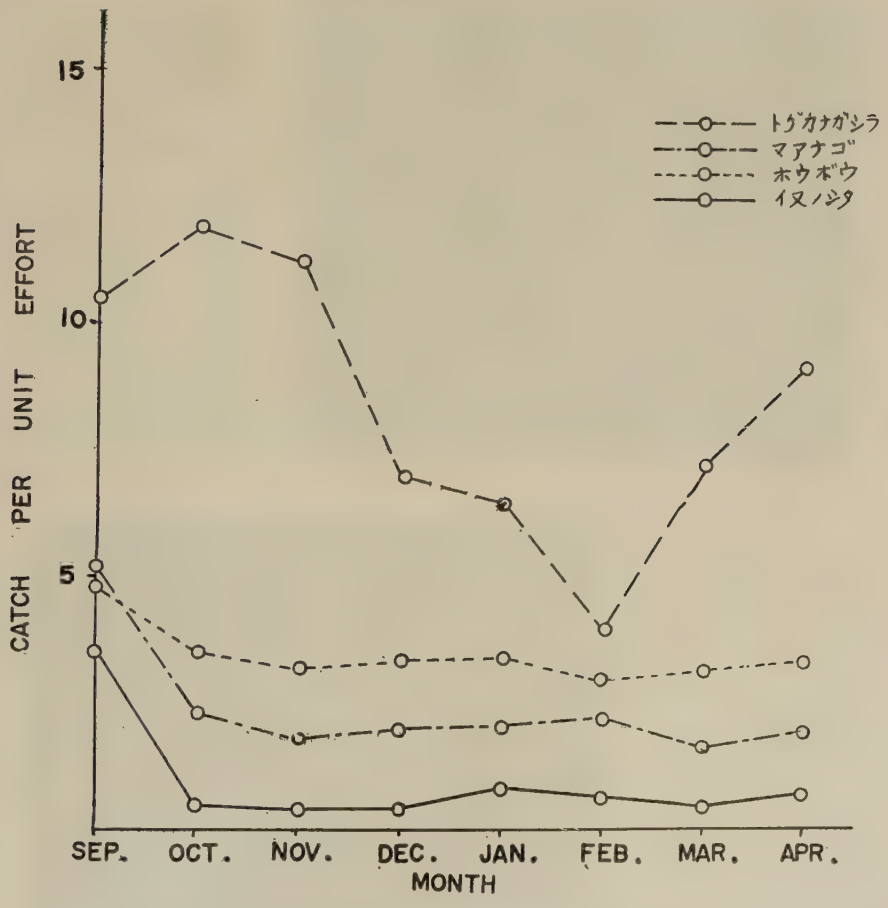
d.


カナガシラ
トカゲエソ
マダイ
ヒラメ
20
15
10
5
CATCH PER UNIT EFFORT
SEP.
OCT.
NOV.
DEC.
JAN.
FEB.
MAR.
APR.
MONTH

e.




f.




g.

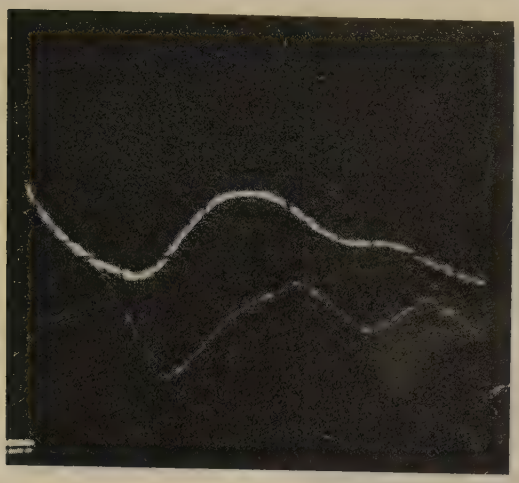
第 30 図　南海区水域底魚の1曳網当り漁獲量の月変化。
変動傾向によつてａ～ｇの７つの型に分類してある。

れるもので，第 30 図 c に示すようにイトヨリ，イボダイ，キスである。d 型は漁期の中期に山のあらわれるものであり，第 30 図 d に示すようにマアジ，マエソ，カイワリ，ホタルヂヤコ，チダイ，オキヒイラギ，サバフグ，キントキダイ，タチウオである。e 型は漁期後半に山ができるか急増するものであつて，第 30 図 e に示すようにカナガシラ，トカゲエソ，マダイ，ヒラメがこれに属する。f 型は振動型であつて，第 30 図 f に示すようにマトウダイ，アカカマス，トラフグがこの型である。g 型は終漁期にかけて減少傾向がみとめられるが最低は漁期中にみられるもので，第 30 図 g に示すようにトゲカナガシラ，マアナゴ，ホウボウ，イヌノシタがあげられる。

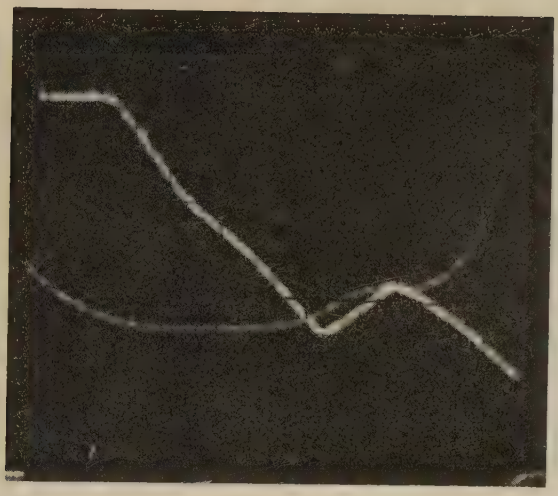
### 7—2. 底魚魚種間の相互関係

**第 1 表** 南海区底魚の魚種間相互関係表

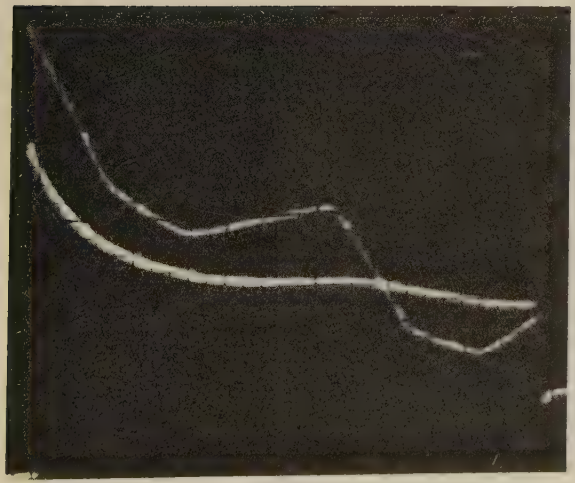
| $N_1$ \ $N_2$ | a 型 | | | | b 型 | | c 型 | | d 型 | | | | e 型 | | f 型 | | g 型 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | チダイ | ハモ | ソコカナガシラ | アマダイ | ガナガシラ | キダイ | イトヨリ | イボダイ | マアジ | マエソ | シログチ | タチウオ | トカゲエソ | マダイ | マトウダイ | アカカマス | トゲカナガシラ | マアナゴ |
| a 型 チダイ | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | | | | | | | | | ○ | | |
| a 型 チダイ芝 | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | | | | | | | | | | | |
| a 型 ハモ | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | | | | | | | | | | | |
| a 型 ソコカナガシラ | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | | | | | | | | | | | |
| a 型 ヒメジ | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | | | | | | | | | | | |
| a 型 ガンゾウヒラメ | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | | | | | | | | | | | |
| a 型 アマダイ | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | | | | | | | | | | | |
| a 型 ムシガレイ | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | | | | | | | | | | | |
| b 型 カナド | | ○ | | | ／ | ／ | | | | | | | | | | | | |
| b 型 カナカシラ | | | | | ／ | ／ | | | | | | | | | | | | |
| b 型 メイタガレイ | | | | | ／ | ／ | | | | | | | | | | | | |
| b 型 キダイ | | | | | ／ | ／ | | | | | | | | | | | | |
| b 型 アンコウ | | | | | ／ | ／ | | | | | | | | | ○ | | | ○ |
| c 型 イトヨリ | | | | | | | ／ | ／ | | | | | | | | | | |
| c 型 イボダイ | | | | | | | ／ | ／ | | | | | | | | | | |
| c 型 キス | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | |
| d 型 マアジ | | | | | | | | | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | |
| d 型 マエソ | | | | | | | | | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | |
| d 型 カイワリ | | | | ○ | | | | | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | |
| d 型 ホタルジヤコ | | | | | | | | | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | |
| d 型 チダイ | | | | | ○ | | | | ／ | ／ | ／ | ／ | ○ | ／ | | | | |
| d 型 オキヒイラギ | | | | | | | | | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | |
| d 型 シログチ | | | | | | | | | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | |
| d 型 サバフダイ | | | | | | ○ | | | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | |
| d 型 キントキダイ | | | | | | | | | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | |
| d 型 タチウオ | | | | | | | | | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | | | | |
| e 型 カナガシラ | | | | | | | | | | | | | ／ | ／ | | | | |
| e 型 トカゲエソ | | | | | | | | | | | | | ／ | ／ | | | | |
| e 型 マダイ | | | | | | | | | | | | | ／ | ／ | | | | |
| e 型 ヒラメ | | | | | | | | | | | | | ／ | ／ | | | | |
| f 型 マトウダイ | | | ○ | | | | | | | | | | | | ／ | ／ | | |
| f 型 アカカマス | | | | | | | ○ | | | | ○ | | | | ／ | ／ | | |
| f 型 トラフグ | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | ○ | |
| g 型 トゲカナガシラ | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | ／ | ／ |
| g 型 マアナゴ | ○ | | | | | | | | | ○ | | | | | | | ／ | ／ |
| g 型 ホウボウ | ○ | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | |
| g 型 イヌノシタ | ○ | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | |



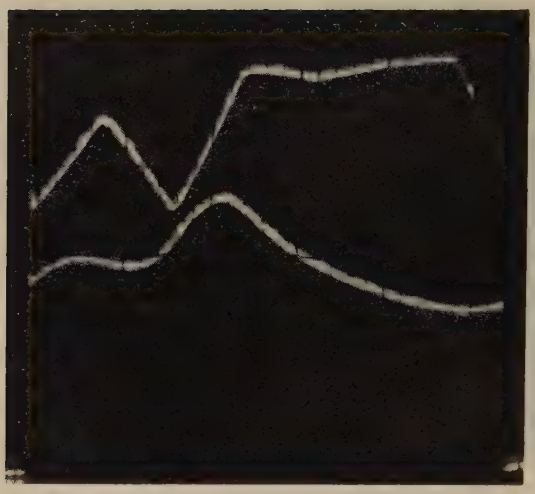
a. チダイとホウボウ，
マアナゴ，イヌノシタ



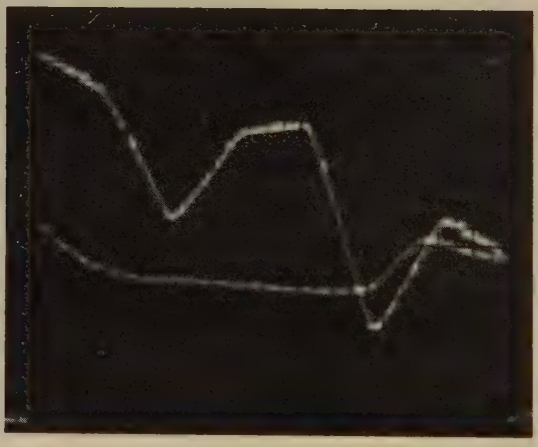
b. ハモとカナド



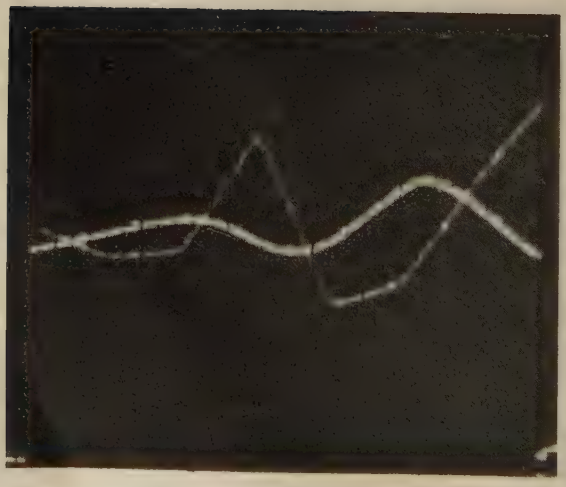
c. ソコカナガシラとマトウダイ



d. アマダイとカイワリ

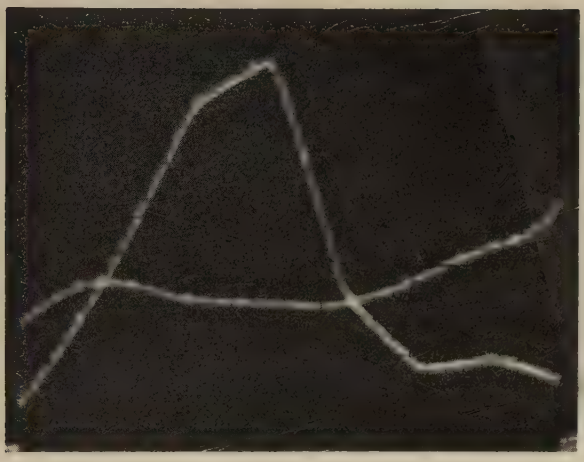


e. カナガシラとチダイ

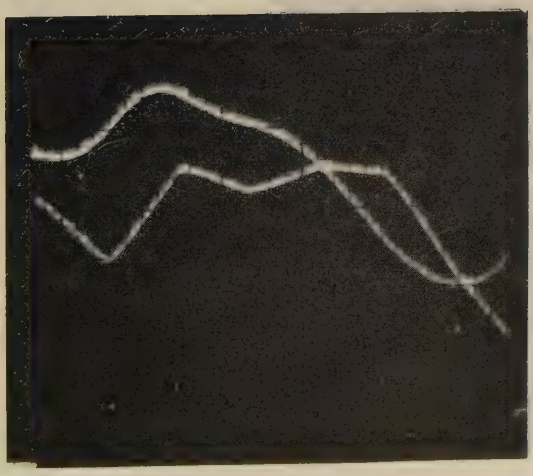


f. キダイとサバフグ

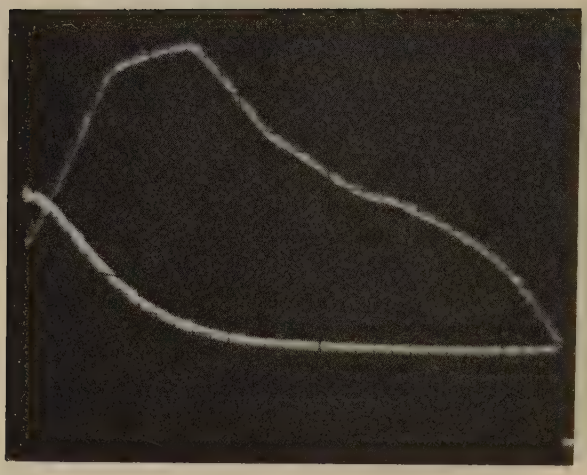
g. イトヨリとアカカマス



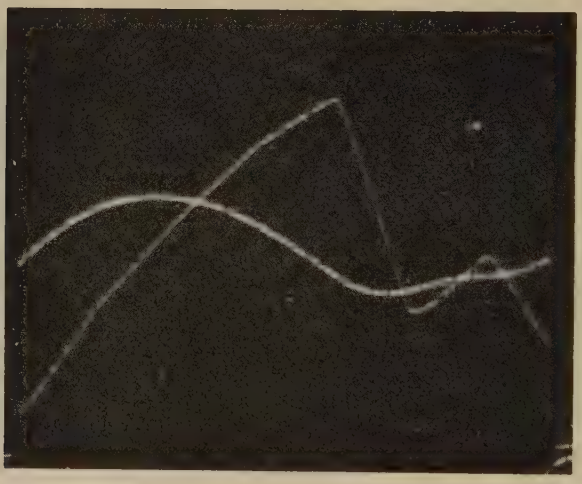
h. イボダイとトラフグ



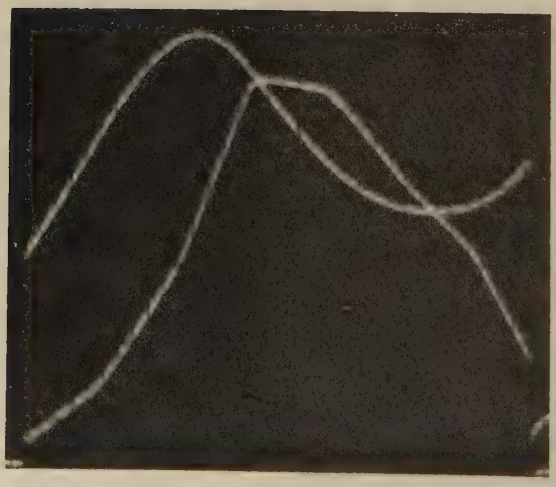
i. マアジとトゲカナガシラ



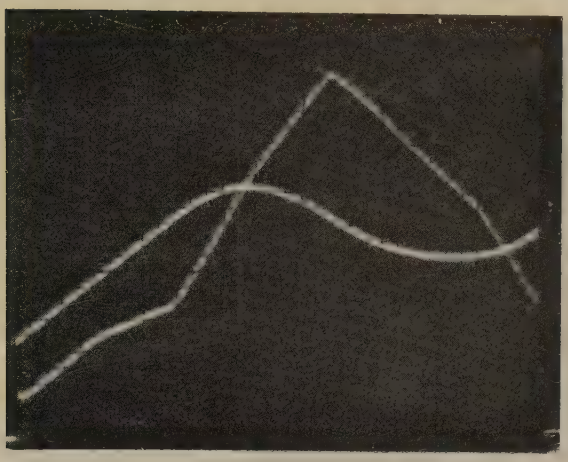
j. マエソとホウボウ，マアナゴ，イヌノシタ



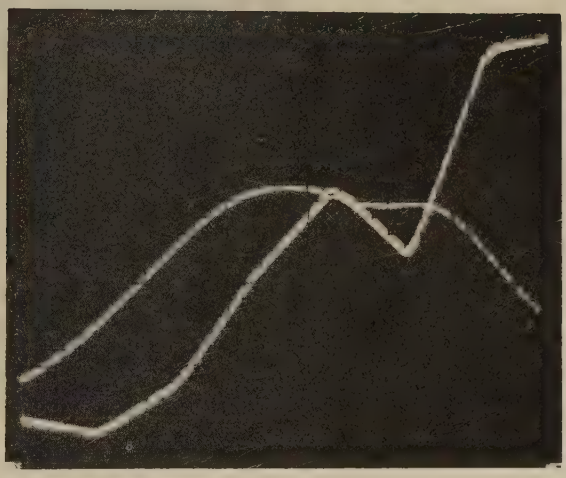
k. シログチとアカカマス



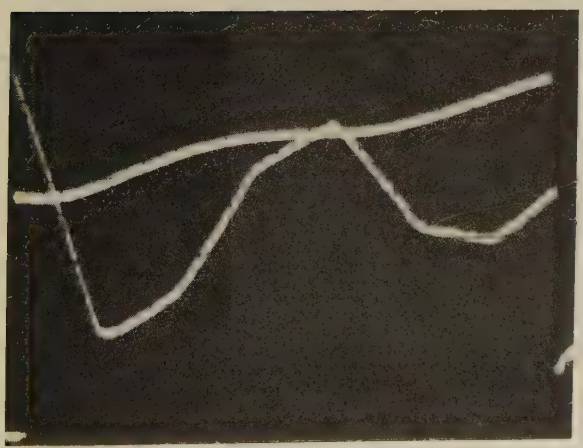
l. タチウオとイボダイ



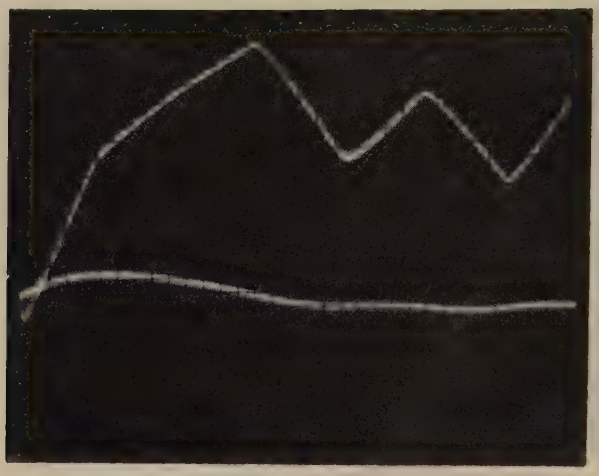
m. トカゲエソとチダイ



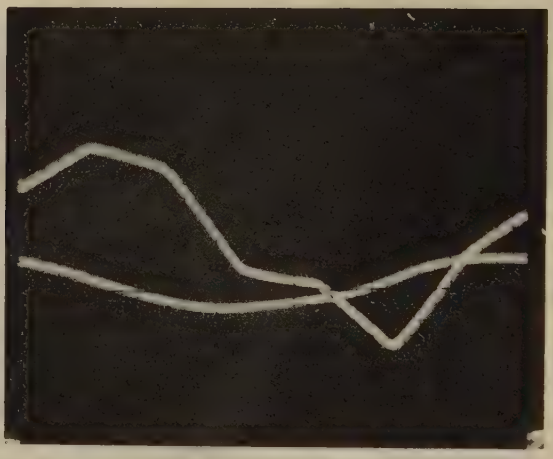
n. マダイとホタルジャコ



o. マトウダイとアンコウ



p. アカカマスとムシガレイ



q. トゲカナガシラとトラフグ

r. マアナゴとアンコウ

**第 31 図** 南海区底魚の魚種間相互関係。最初の魚種が $N_2$ として折線でえがかれている。

第 30 図に示した底魚各魚種の経年変動の型を前章までに述べたと全く同様な方法で相互関係を求めた。即ち(26)式又は(30)式の第1式の $N_2$ に適当な魚種を選び任意函数発生装置でつくり理論的な $N_1$ の変動を求めるのであるが，各魚種を7つの型に分類したのでその型の代表的なものをいくつかとつて $N_2$ とした。a型ではチダイ，ハモ，ソコカナガシラ，アマダイ，b型ではカナガシラ，キダイ，c型ではイトヨリ，イボダイ，d型ではマアジ，マエソ，シログチ，タチウオ，e型ではトカゲエソ，マダイ，f型ではマトウダイ，アカカマス，g型ではトゲカナガシラ，マアナゴがこれである。

相互関係の有無を一覧表にして第1表に示す。横に $N_2$ として並べた魚種に対して相互関係のみとめられる魚種間に○印を附したものである。第 31 図a～rにそれらのアナログコンピューターによる解をのせる。

第1表としてあらわされた関係表の生物学的な及び生態学的な考え方と解釈については充分検討すべきである。魚種間相互関係のみとめられないものも随分あるが，ほんとうにそうなのかどうか又そうであるとしても生物学的裏付は何であるか等々の多くの疑問がわいてくる。逆に又，魚種間関係はないのだけれども生活週期又は来游週期の相異から見かけ上相互関係があるように計算されたものも含まれていると思う。むしろそのようなものが確かに多いと考えねばならない。とするとほんとうの意味での相互関係は数少ないものとなる。底魚のような魚群集団に相互関係のないことはあり得ないので，このことは南海区水域の底魚のように多種多様の魚種が混在している場合には2魚種のみの取扱の不可であることを示しているようにもとれる。そして特に顕著な相互関係のみが2魚種の取扱で浮び上がつてきているのかもしれない。ともあれここでは前章までと同じく相互関係のみとめられるような現象のあることを第1表及び第 31 図に示すのみに止め，その基因についての生物学的・生態学的な検討は今後生物測定資料を集めて行ないたい。

## 8. イワシ類・スルメイカ・クロマグロの長期変動の解析について

### 8—1. 長期変動の解析

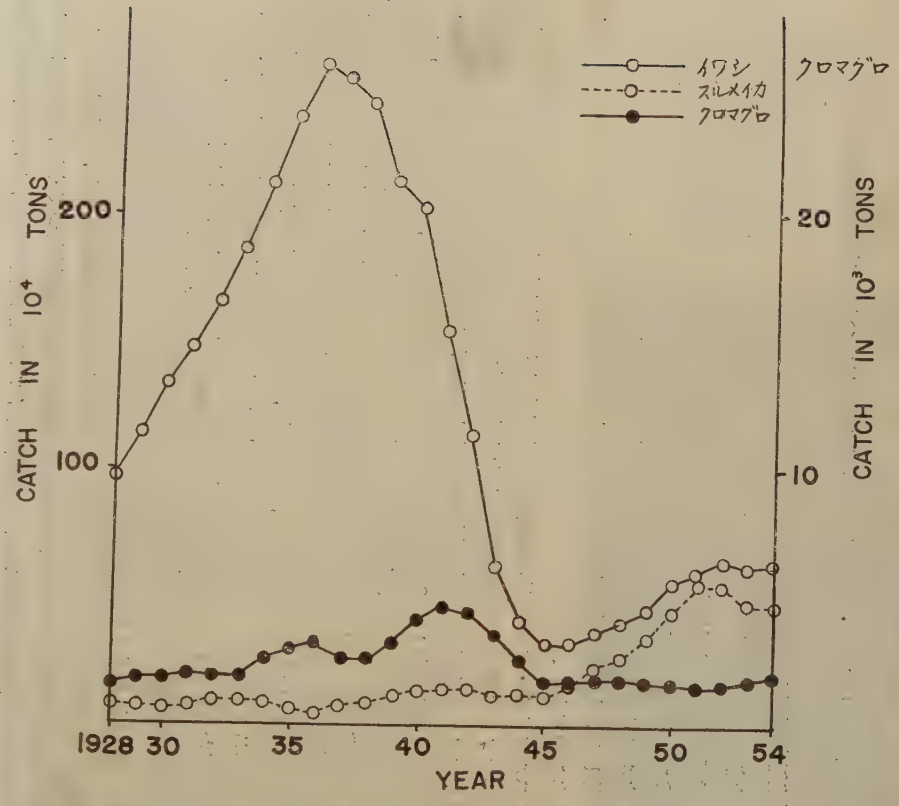
クロマグロと沿岸魚種との食害関係については5章で論じたが，それは海域としては南海区水域であり，取扱つた年数は 1951 年より 1956 年までの6年間であつた。日本全国の漁獲統計資料としてはかなり長期にわたりあるので，それによつて短期変動でなく長期変動の解析を試みた。但しイワシ類はマイワシ・カタクチイワシ・ウルメイワシの魚種組成が経年的に大きく変化しているが，ここではそれらをこみにした合計の漁獲量で計算した。もちろん魚種別に分けようとしても戦前の資料では不可能であるのでこうするより仕方がない面もあるのである。

イワシ類・スルメイカ・クロマグロの漁獲量（1928 年より 1954 年まで）の長期変動を図示したのが第 32 図である。スルメイカは戦後は漁獲が増えたけれども戦前ではイワシ類に比すれば微々たるものであるので，イワシ類とスルメイカの合計の長期的傾向は大勢としてはイワシ類のそれとあまり変りはない。

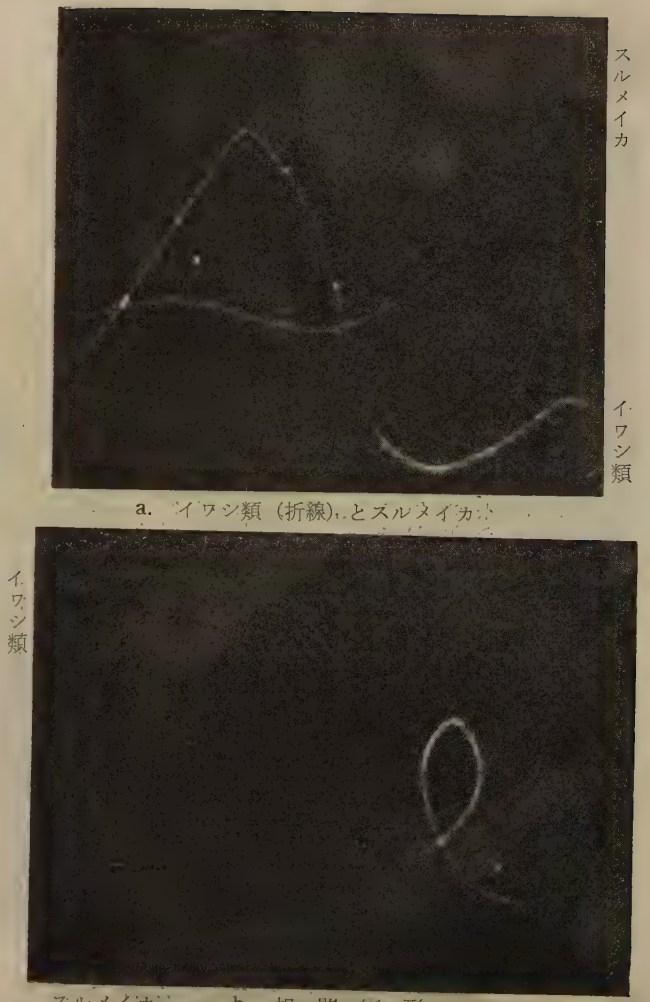
第 32 図の長期変動を解析して3魚種間の相互関係をみるのであるが，ここで一つ注意しなければならぬのは漁獲努力量の長期変動である。今まで論じてきた過程においては前章の南海区水域の底魚を除き，資源量の目安として漁獲量をとつてきた。しかし漁獲量は資源量と漁獲努力量の如何によつて変るものである。短期間であれば，漁獲努力量もそれほど変化せず漁獲量が大体資源量の指標となり得る場合も考えられる。だが長期変動を論ずる場合には，社会事情，経済事情，各魚種の資源状態などにより大きく漁獲努力量の質と量が変化していると考えざるを得ない。そうだとすると漁獲量を以て資源量の目安とすることには慎重な考慮が払われねばならない。ここではそれにもかかわらず一応漁獲量で計算して相互関係を求めることにするが，それは資源量の相対的指数にしても長期にわたつて求めることは不可能であるからである。

### 8—2. イワシ類とスルメイカの競合関係

イワシ類とスルメイカが同じ餌料生物を奪い合うような競合関係にあるのか，それともスルメイカはイワシ類を捕食しているのかによつてこの両魚種間の相互関係の取扱が異なつてくる。又成魚についてだけでなく稚仔のことも考えなくてはならない。イカの稚仔をイワシ成魚が食べておれば，相互関係研究の数理的取扱



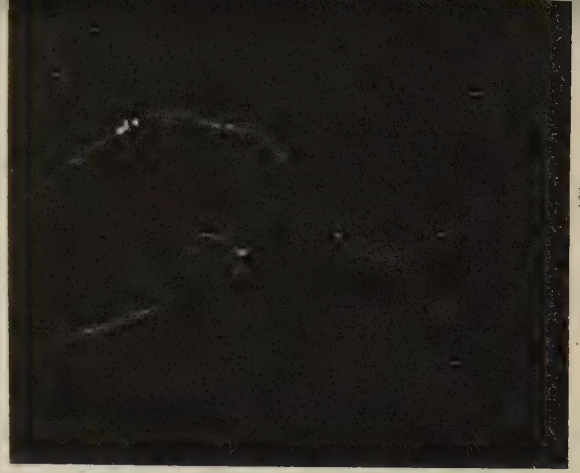

第 32 図　イワシ類・スルメイカ・クロマグロの漁獲量の長期変動。




a. イワシ類（折線）とスルメイカ

b. 相関図形

第 33 図　イワシ類とスルメイカの競合関係。

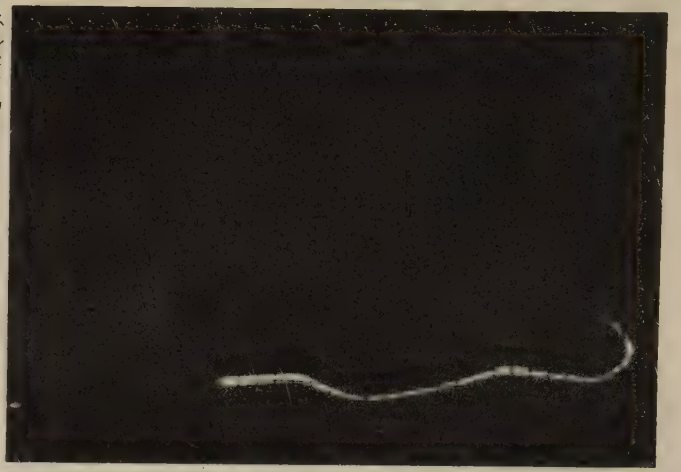



a. クロマグロ（折線）とイワシ類

b. 相 関 図 形

**第 34 図** クロマグロとイワシ類の食害関係。

a. スルメイカ（折線）とクロマグロ




b. 相 関 図 形

**第 35 図** クロマグロとスルメイカの食害関係。

上では捕食魚はイワシとろうことにもなる。この意味でここでは両魚種は同一栄養水準にあるものとみなし，競合関係を求めてみる。

第 32 図に示したイワシ類の経年変動を任意函数発生装置でつくりこれを (30) 式の第1式の $N_2$ として $N_1$ の理論的変動を求めた。相互関係をあらわすパラメターの $\alpha_1$ と $\beta_1$ を色々変えてみて，$N_1$ の理論的変動と第 32 図に示してあるスルメイカの実際の変動とが傾向として似るものがあるかどうかしらべてみると，第 33 図 a に示すようにかなり合致するものを見出すことができる。第 33 図 a で折線はイワシ類，曲線はスルメイカである。経年変動としてでなく横軸にスルメイカをとり縦軸にイワシ類をとつて両魚種の相関図形をえがくと第 33 図 b となり週期をえがいて変化しているようにもとれる。いづれにしても両魚種間には長期的にみれば競合関係があるとみなしても不合理ではないと結論される。

### 8—3. クロマグロとイワシ類・スルメイカとの食害関係

クロマグロは明らかに捕食魚であり，栄養水準ではイワシ類・スルメイカの上位にある。故に食害関係の分析の対象となる。イワシ類とスルメイカとでは捕食されてからの転換効率も異なるし，漁獲努力量も夫々の魚種の漁業形態に支配され当然漁獲率も両魚種で異なるものであるから，第 32 図としてあらわした両魚種の漁獲量をそのまま合計してもクロマグロとの食害関係分析に際してはあまり意味がない。それで両魚種別々にクロマグロとの食害関係をみることにする。分析に用いた式は勿論 (26) 式である。

クロマグロとイワシ類との間の食害関係を (26) 式の第1式によつて解くと第 34 図 a を得る。$N_2$ として実際のクロマグロの経年変動をおいて $N_1$ を求めたものである。故に傾向的には両魚種は食害関係にあるとみとめられる。第 34 図 b は相関図を示したものであり，縦軸がクロマグロ，横軸がイワシ類である。週期的な変化をしようとしているものと解釈される。

クロマグロとスルメイカとの間の食害関係を (26) 式の第2式によつて解くと第 35 図 a を得る。$N_1$ として実際のスルメイカの経年変動をとり $N_2$ を解いたものである。かくして求めた $N_2$ の理論的変化とクロマグロの実際の経年変動とは相似しているので，クロマグロとスルメイカとには食害関係のあることが説明できそうである。第 35 図 b は両魚種の相関図形であつて，縦軸にスルメイカ，横軸にクロマグロをとつたもので，やはり週期性の存在を示しつつあるものと解釈されよう。

クロマグロはイワシ類とも又スルメイカとも食害関係にあることになるが，相互関係の程度をあらわすところの (26) 式のパラメター $\alpha_1$, $\beta_1$, $\alpha_2$, $\beta_2$ の値はイワシ類とクロマグロとでは異なるのである。本報告では相互関係の有無を論じたものが主であつて，相互関係の程度とかパラメターの絶対値についてはあまりふれていないが，将来においてはパラメターの値そのものについても当然考えなければならない。

クロマグロ・イワシ類・スルメイカの3魚種間には夫々競合関係と食害関係とで規制されるものがあり，これらの相互作用が働き合つて資源変動の長期傾向を支配していることになる。資源変動が法則性として函数関係であらわされるようになれば，それを利用して資源量の魚種間調整，漁況の長期予察，漁業の管理の合理化などが可能となる。この章で解明された3魚種間の相互関係もこの方向への一つの前進であつて，事実として役立つものになることの早からんことを望んでいる。特に第 33 図 b，第 34 図 b 及び第 35 図 b に示した相関図形の週期性の問題は実用化への有効な手法となろう。

## 9. 日本近海魚種の魚種間相互関係—1： 食害関係について

### 9—1. 沿岸魚種の分類

浮魚や底魚のいくつかの例を前章までにあげて，魚種間相互関係の取扱分析のし方（アナログコンピューターによる）と分析結果とを示してきたが，同様な取扱方法を日本近海の沿岸重要魚種（主として浮魚）について適用して魚種間相互関係を分析してみる。

沿岸重要資源についての漁獲量などは農林統計として発表されているところであるが，資源変動を論ずる際の基本的なものである資源量（又はその相対的な指数）は未知のものが殆んどである。例外的にイワシ類

とかサンマでは単位努力当りの漁獲量に基づく資源量指数が算出されているに過ぎない。資源量又はその相対的指数が不明であることはアナログコンピューターによる魚種間相互関係の分析に際して障害となることは度々述べたところである。前章までにあげた例でも資源量の代用として漁獲量又は単位努力当りの漁獲量を採用したが，そのいづれにしても夫々問題点は多々あつて理論的には満足すべき仮定ではない。単位努力当りの漁獲量は資源量の単純な指数としてよく使われるのであるが，漁獲努力が時間的に空間的に大きく変化しているときにはそれは資源量の指数としては不適当であることは理論的に明らかである。漁獲努力量が変らないとすれば，単位努力当りの漁獲量でも漁獲量そのものでも経年変化の傾向は全く同じである。故に漁獲量で以て資源の大きさの目安とすることはある意味では妥当である。本章以下の重要沿岸魚種の分析にあたつても，漁獲量を資源量の指数とした。資源量又は有効な相対的資源量指数の不明である以上はしかたのない前提である。

分析に用いた資料は1954年より1957年までの4ケ年間のものである。4ケ年とはあまり長い経年変化ではないが，アナログコンピューターによる分析を行なつた年に於ける農林統計の発表資料ではこの4ケ年間の資料でしか資源変動が分析されなかつた。沿岸重要魚種の4ケ年間の経年変化を，前章までの分析方法と全く同じ方法で解いて魚種間相互関係をみたものである。

捕食魚としては，スルメイカ，クロマグロ，スズキ，サワラ，コウイカ，ヨシキリザメ，ボラ，ブリを選んだ。これらの魚類が捕食魚として他の餌料魚種を食害しているものと考えるわけであるが，実際に捕食していなくても間接的には捕食魚としての影響を持つている場合にも(26)式であらわされる理論的取扱と数理的処理においては同じである。このような間接的影響を含めて分析することを断つておきたい。捕食魚と規定した魚種が，餌料魚種として規定した魚種を食べていない場合もおこつてこようが，これらは間接的に相互作用を及ぼしあつていて(26)式で示されるような相互関係があるものと解釈すべきである。餌料魚種としては，マイワシ，カタクチイワシ，ウルメイワシ，アジ，サバ，サンマ，ソーダカツオをとつた。間接的に餌料魚種としての役割を果している魚種があつてもよいことは捕食魚種の場合と同様である*。

(26)式の $N_2$ として捕食魚の実際の経年変化をいれて，$N_1$ の理論的変化を(26)式の第1式をアナログコンピューターで解いて求める。そしてこの理論的な $N_1$ と餌料魚種の実際の経年変化とが相似しているものがあれば，その両魚種は食害関係にあつたものと判断する。

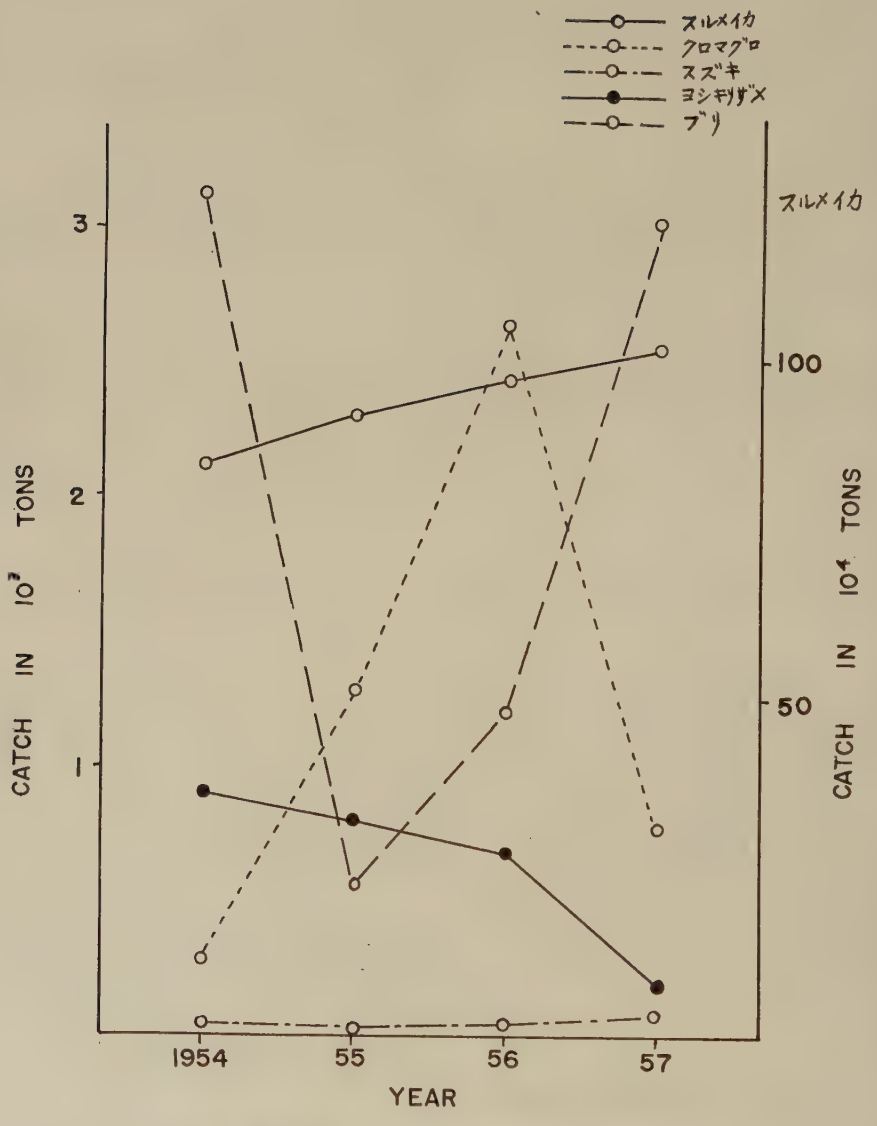
経年変化の魚種別統計資料はすべて県別で扱つて，先づ県別に相互関係を求めた。次に資料を海区別（東北海区，東海区，南海区，西海区，日本海北区，日本海西区，内海区）にまとめ，それについて計算し，さらに日本全国に集計したものについて計算して夫々相互関係を分析した。現在の資源研究の段階では，どの魚種がどの海域まで分布していてそれが一つの資源を構成していると云うことが明らかでないものが大部分であるから，各魚種を県別・海区別に計算したことはあらゆる場合を想定しての試行計算をしたことになろう。だから試行の中には生物学的・生態学的には無意味なものも含まれることになつたかもしれないが以上のような理由であるからやむを得ない。これから述べる分析結果についても，それが客観的にすべて正しいものだと云うものではなく，あくまでも試行の結果でありしかも生物学的取捨選択をしない機械的な計算であることを了解されて，この中から他の生物学的・生態学的知見に基づく判定によつて漁業管理上又は資源学上の有用なものが一つでも生れてくれば筆者の幸いとするところである。扱つた年数も4ケ年の短期であるから，見かけ上の相互関係が出ているものもあるであろうから，今後検討すべき問題は多々あるわけである。

### 9—2. 食害関係分析の例—青森県（東北海区）

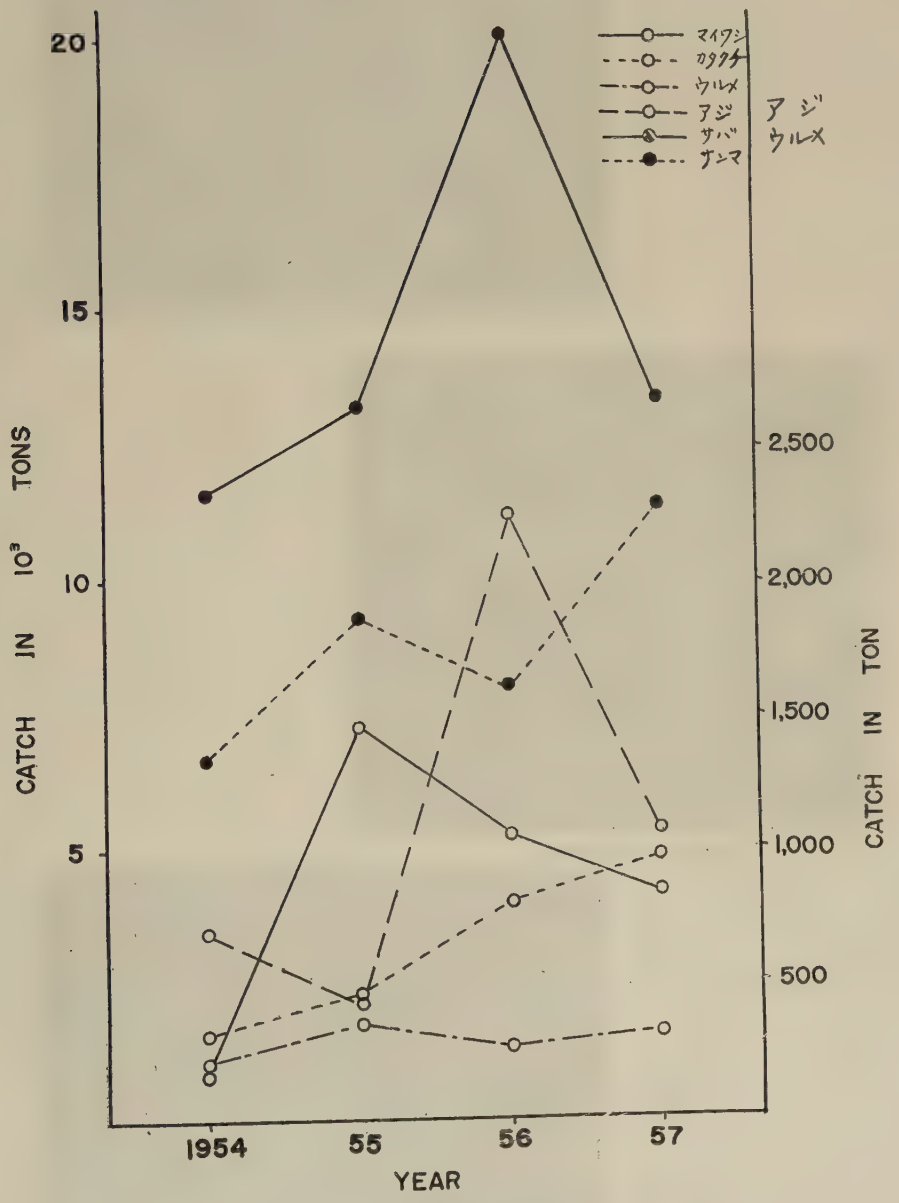
食害関係を求めるための(26)式の解法は各県・海域とも全く同じであるから，例として青森県(東北海区)で説明しよう。第36図に捕食魚の経年変化を，第37図に餌料魚種の経年変化を示した。これに基づき度々

---

* 捕食魚種と餌料魚種の分類は胃内容物による分類ではない。魚種はすべて農林統計に記されているものから選んだのであり，我々の分析の総体的な資料としてはこれ以外に系統的なものはないからである。そして栄養水準のやや高いと思われるものを捕食魚種とし，その低いものを餌料魚種と規定したに過ぎない。だから必ずしも捕食魚種が直接的に餌料魚種を食べているとは限らない。度々述べるように間接的効果による相互関係の基本式成立の条件もある。



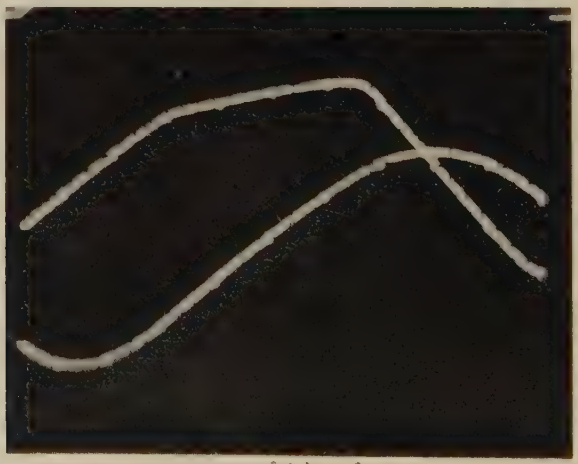

第 36 図　青森県（東北海区）における捕食魚の漁獲量




第 37 図　青森県（東北海区）の餌料魚種の漁獲量

a. スルメイカとカタクチイワシ

b. クロマグロとカタクチイワシ，ウルメイワシ，マイワシ



c. ブリとアジ

**第 38 図** 青森県（東北海区）における食害関係。折線が捕食魚としての $N_2$ である。

述べるように(26)式の第1式によつて食害関係を求めてみると第2表のようになる。○印が食害関係のある魚種間をあらわすのであるが，これらのアナログコンピューターによる解を第38図a（スルメイカとカタクチイワシ），b（クロマグロとカタクチイワシ・ウルメイワシ・マイワシ），c（ブリとアジ）に示す。クロマグロは第38図bに示したようにイワシ類3魚種と夫々食害関係がみとめられるのであるが，(26)式の係数（$\alpha_1$ と $\beta_1$）は3魚種により異なるのであつてそれを第3表に示す。これらの係数の相異は餌料魚種の再生産力，捕食されてからの転換効率，両魚種の出合う確率などの原因によつておこる。将来においてはかかる係数の絶対値とその原因との間の生物学的意味づけが必要となろう。又そうすることによつて相互関係が客観的に裏付けされることになる。本報告にては相互関係の有無のみを論じ，相互関係の因果関係の生物学的な面については将来にゆだねている。

**第2表**　青森県（東北海区）捕食魚—餌料魚種関係

| 捕食魚種 $N_2$ ＼ 餌料魚種 $N_1$ | マイワシ | カタクチ | ウルメ | アジ | サバ | サンマ | ソーダカツオ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| スルメイカ | | ○ | | | | | |
| クロマグロ | ○ | ○ | ○ | | | | |
| スズキ | | | | | | | |
| サワラ | | | | | | | |
| コウイカ | | | | | | | |
| ヨシキリザメ | | | | | | | |
| ボラ | | | | | | | |
| ブリ | | | | ○ | | | |

**第3表**　クロマグロとイワシ類（マイワシ，カタクチ，ウルメ）の捕食魚—餌料魚種間関係の係数

| 係数 ＼ 餌料魚種 | マイワシ | カタクチ | ウルメ |
|---|---|---|---|
| $\alpha$ | 0.72 | 0.20 | 0.34 |
| $\beta$ | 1.30 | 0.20 | 0.42 |

### 9—3.　日本全国の海域別・県別の分析結果

全国の各県・各海域について青森県（東北海区）と同様な分析を行ない，その結果得られた食害関係の一覧表を第4表に示す。○印が食害関係のみとめられるものであるが，アナログコンピューターによる解及び係数の値は省くことにする。又第4表から得られるものであるが魚種間別に食害関係のみとめられる県と海域をまとめて第5表に示す。

## 10.　日本近海魚種の魚種間相互関係—2：　捕食魚間の競合関係について

### 10—1.　捕食魚間の競合関係分析の例—千葉県

沿岸小型魚種の捕食魚として，スルメイカ，クロマグロ，スズキ，サワラ，コウイカ，ヨシキリザメ，ボラ，ブリをあげたが，これらの捕食魚間の競合関係を(30)式に基づいて，解いてみた。千葉県を例にとつて説明してみよう。第39図は捕食魚の千葉県における漁獲量の経年変化である。このうちの1魚種の経年変化を $N_2$ として(30)式の第1式を解けば競合関係にある魚種の理論的な経年変化 $N_1$ を得る。この形と似ている経年変化を持つている魚種が第39図の中から見つけ出すことができれば，それら両魚種は競合関係にあるとする。千葉県の分析では第6表に示すような結果を得た。アナログコンピューターの解は第40図a（ス

**第 4 表** 海域別・県別捕食魚餌料魚種間関係

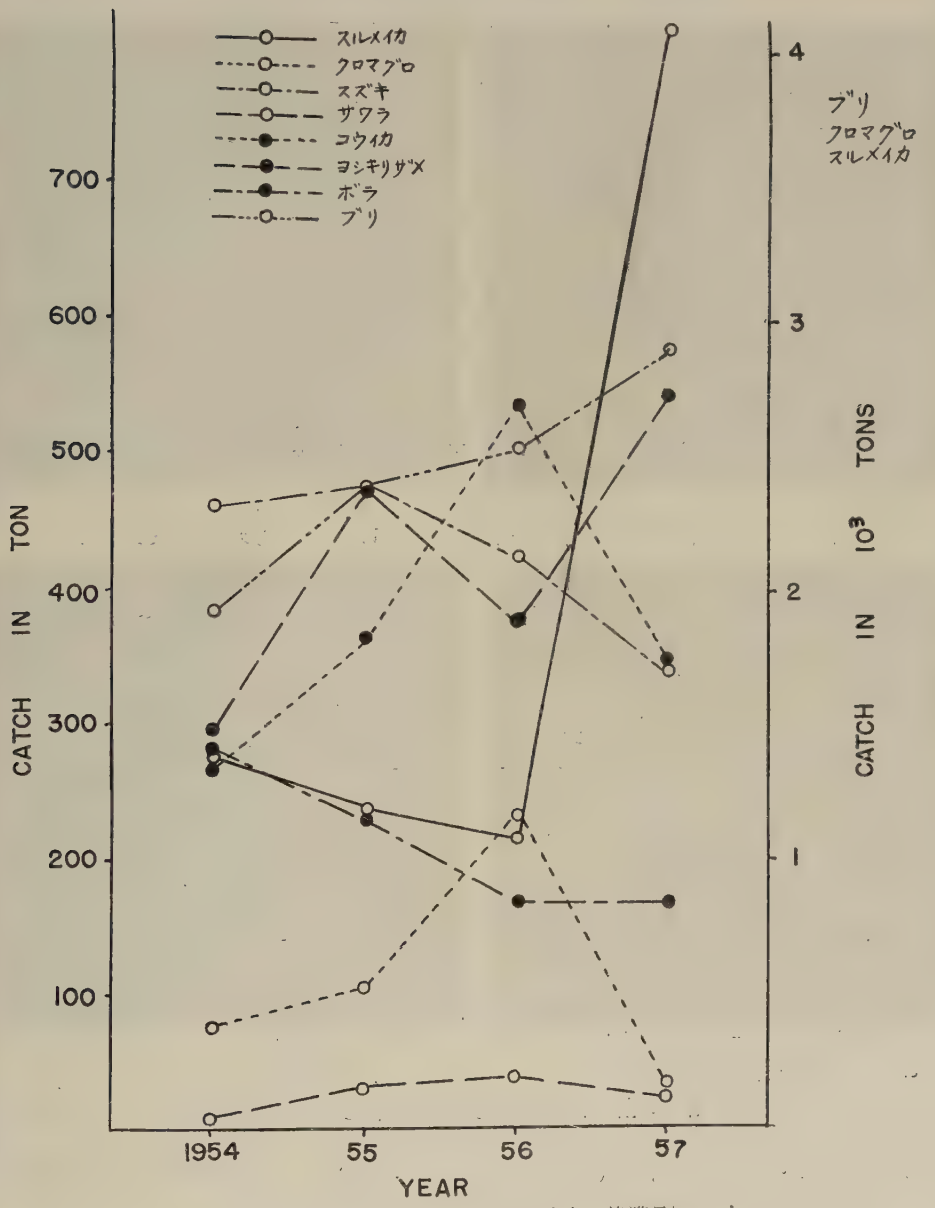
| 海域・県 ＼ 捕食魚種 $N_2$ ／ 餌料魚種 $N_1$ | スルメイカ | | | | | | | クロマグロ | | | | | | | スズキ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | マイワシ | カタクチ | ウルメ | アジ | サバ | サンマ | ソーダカツオ | マイワシ | カタクチ | ウルメ | アジ | サバ | サンマ | ソーダカツオ | マイワシ | カタクチ | ウルメ | アジ | サバ | サンマ | ソーダカツオ |
| 日本全国 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 東北海区 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | |
| 青森 | | ○ | | | | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | ○ | |
| 岩手 | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | ○ | |
| 宮城 | | | ○ | | | ○ | | | | | ○ | ○ | | | | | | | | | |
| 福島 | | | | | | | | | | | ○ | | ○ | | | | | | | | |
| 茨城 | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | |
| 東海区 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 千葉 | ○ | | | | | | | ○ | | | ○ | | | ○ | | | | | | | ○ |
| 東京 | | | | ○ | | ○ | | | | | | | ○ | | | ○ | | | | | |
| 神奈川 | | | | ○ | | ○ | | | | | ○ | | | | | | | | | | |
| 静岡 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 愛知 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 三重 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 南海区 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 和歌山 | | ○ | | ○ | | ○ | | | ○ | | | | | ○ | | | | | | | |
| 徳島 | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| 高知 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 愛媛 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 大分 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 宮崎 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 西海区 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 福岡 | | | | | | ○ | | | ○ | | | | | | | | | | | | |
| 佐賀 | | ○ | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | |
| 長崎 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 熊本 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 鹿児島 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 海域・県 ＼ 捕食魚種 $N_2$ ／ 餌料魚種 $N_1$ | サワラ | | | | | | | コウイカ | | | | | | | ヨシキリザメ | | | | | | | ボラ | | | | | | | ブリ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | マイワシ | カタクチ | ウルメ | アジ | サバ | サンマ | ソーダカツオ | マイワシ | カタクチ | ウルメ | アジ | サバ | サンマ | ソーダカツオ | マイワシ | カタクチ | ウルメ | アジ | サバ | サンマ | ソーダカツオ | マイワシ | カタクチ | ウルメ | アジ | サバ | サンマ | ソーダカツオ | マイワシ | カタクチ | ウルメ | アジ | サバ | サンマ | ソーダカツオ |
| 日本全国 | | ○ | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 東北海区 | | | | | ○ | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | |
| 青森 | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | ○ | | | | | | | | | | | ○ | | | |
| 岩手 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | |
| 宮城 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | |
| 福島 | | | | ○ | | | | | | | ○ | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 茨城 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 東海区 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 千葉 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 東京 | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | |
| 神奈川 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 静岡 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 愛知 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 三重 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 南海区 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 和歌山 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 徳島 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 高知 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 愛媛 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 大分 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 宮崎 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 西海区 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 福岡 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 佐賀 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 長崎 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 熊本 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 鹿児島 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

日本海北区
青森
秋田
山形
新潟
富山
石川
日本海西区
福井
京都
兵庫
鳥取
島根
山口
内海東区
和歌山
大阪
兵庫
岡山
徳島
香川
内海西区
広島
山口
福岡
大分
愛媛

**第5表** 食害関係別の海域・県

| 食害関係 捕食魚 $N_2$ | 食害関係 餌料魚種 $N_1$ | 海域 | 県 |
|---|---|---|---|
| | マイワシ | 日本海西区 | 神奈川，京都 |
| ス | カタクチ | 東北海区 | 青森（東北海区），徳島（南海区），熊本，秋田，兵庫（日本海西区） |
| ル | ウルメ | | 福島，長崎 |
| メ | アジ | | 静岡，三重，和歌山（南海区） |
| イ | サバ | | 山形 |
| カ | サンマ | | 岩手，宮城，静岡，三重，和歌山（南海区），徳島（南海区），福岡（西海区） |
| | ソーダカツオ | | 高知，青森（日本海北区） |
| | マイワシ | | 青森（東北海区），神奈川，長崎 |
| ク | カタクチ | 日本海西区 | 青森（東北海区），徳島（南海区），高知 |
| ロ | ウルメ | | 青森（東北海区），福岡（西海区） |
| マ | アジ | 西海区 | 岩手，茨城，千葉，東京，三重，秋田，山形 |
| グ | サバ | | 岩手，秋田，新潟 |
| ロ | サンマ | | 福島，茨城 |
| | ソーダカツオ | | 神奈川，静岡，和歌山（南海区），青森（東北海区），富山 |
| | マイワシ | | 富山，鳥取 |
| ス | カタクチ | | 愛知 |
| | ウルメ | | 石川 |
| ズ | アジ | 東北海区，日本海西区 | 神奈川，兵庫（日本海西区），大分（内海区），愛媛（内海区） |
| | サバ | | 熊本 |
| キ | サンマ | | 岩手，宮城，佐賀，長崎 |
| | ソーダカツオ | | 東京，青森（日本海北区） |
| | カタクチ | | 愛媛（南海区），愛媛（内海区） |
| サ | ウルメ | 日本全国 | 宮崎 |
| ワ | アジ | | 千葉，愛知，徳島（南海区），兵庫（内海区） |
| ラ | サバ | 東北海区 | 山口（内海区） |
| | ソーダカツオ | | |
| | カタクチ | 東北海区 | 宮崎 |
| コ | ウルメ | 日本海北区 | 長崎，新潟，島根 |
| ウ | アジ | 西海区，内海区 | 茨城，熊本，京都，大阪，徳島（内海区），山口（内海区） |
| イ | サバ | 日本全国 | 福岡（西海区），富山，福井 |
| カ | サンマ | | 高知 |
| | ソーダカツオ | 南海区 | |
| ヨシキリザメ | カタクチ | | 岩手，茨城 |
| | ウルメ | | 静岡，高知，宮崎 |
| | アジ | 西海区 | 千葉 |
| | ソーダカツオ | 日本全国 | 岩手 |
| | マイワシ | 東北海区 | |
| ブ | カタクチ | 日本全国 | 岩手，三重，広島 |
| | ウルメ | 南海区，日本海北区 | 福井，島根 |
| | アジ | 日本海北区 | 青森（東北海区），千葉，静岡，三重，高知，秋田，新潟，愛媛（内海区） |
| リ | サバ | | 宮城，神奈川，宮崎，佐賀，兵庫（日本海西区），山口（内海区） |
| | ソーダカツオ | | 徳島・大分（南海区），青森（日本海北区），富山，京都，和歌山（内海区） |



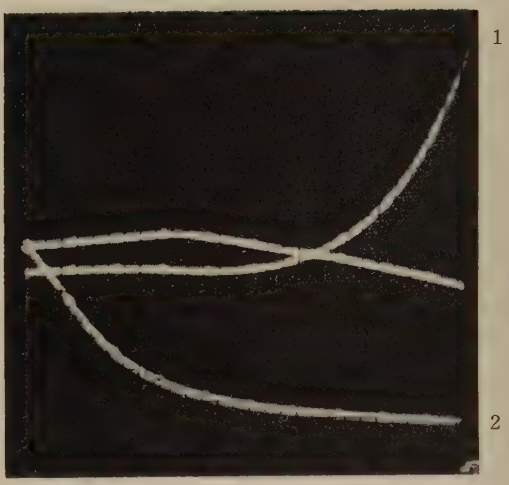

第 39 図　千葉県における捕食魚の漁獲量

第 6 表　千葉県捕食魚種間競合関係

| | ブリ | ボラ | ヨシキリ | コウイカ | サワラ | スズキ | クロマグロ | スルメイカ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| スルメイカ | | ○ | | | ○ | ○ | | |
| クロマグロ | | | ○ | | | | | |
| スズキ | | ○ | | | | | | |
| サワラ | | | | | | | | |
| コウイカ | ○ | | ○ | | | | | |
| ヨシキリザメ | | | | | | | | |
| ボラ | | | | | | | | |
| ブリ | | | | | | | | |

1＝ボラ　2＝コウイカ，クロマグロ

a. スルメイカとコウイカ，クロマグロ，ボラ




1＝スルメイカ　2＝ボラ

b. スズキとスルメイカ，ボラ

1＝(アジ)　2＝ヨシキリザメ

c. クロマグロとヨシキリザメ

1＝ヨシキリザメ　2＝ブリ

d. コウイカとヨシキリザメ，ブリ

**第 40 図**　千葉県における捕食魚間の競合関係

ルメイカとコウイカ・クロマグロ)，b (スズキとスルメイカ・ボラ)，c (クロマグロとヨシキリザメ)，d (コウイカとヨシキリザメ・ブリ) に夫々示してある。

### 10—2. 日本全国の海域別・県別の分析結果

全国の各県・各海域について千葉県と同様な分析を行ない，その結果得られた捕食魚間の競合関係の一覧表を第7表に示す。又魚種間競合関係別に県・海域をまとめてみると第8表となる。

## 11. 日本近海魚種の魚種間相互関係—3： 餌料魚種間の競合関係について

### 11—1. 飼料魚種間の競合関係の例—南海区水域

捕食魚の餌料魚種として選んだマイワシ，カタクチイワシ，ウルメイワシ，アジ，サバ，サンマについて，それら魚種間の競合関係を前章と同じ方法で(30)式に基づき分析して，餌料魚種間の競合関係の有無を求めた。

**第 7 表**　海域別・県別捕食魚魚種間競合関係

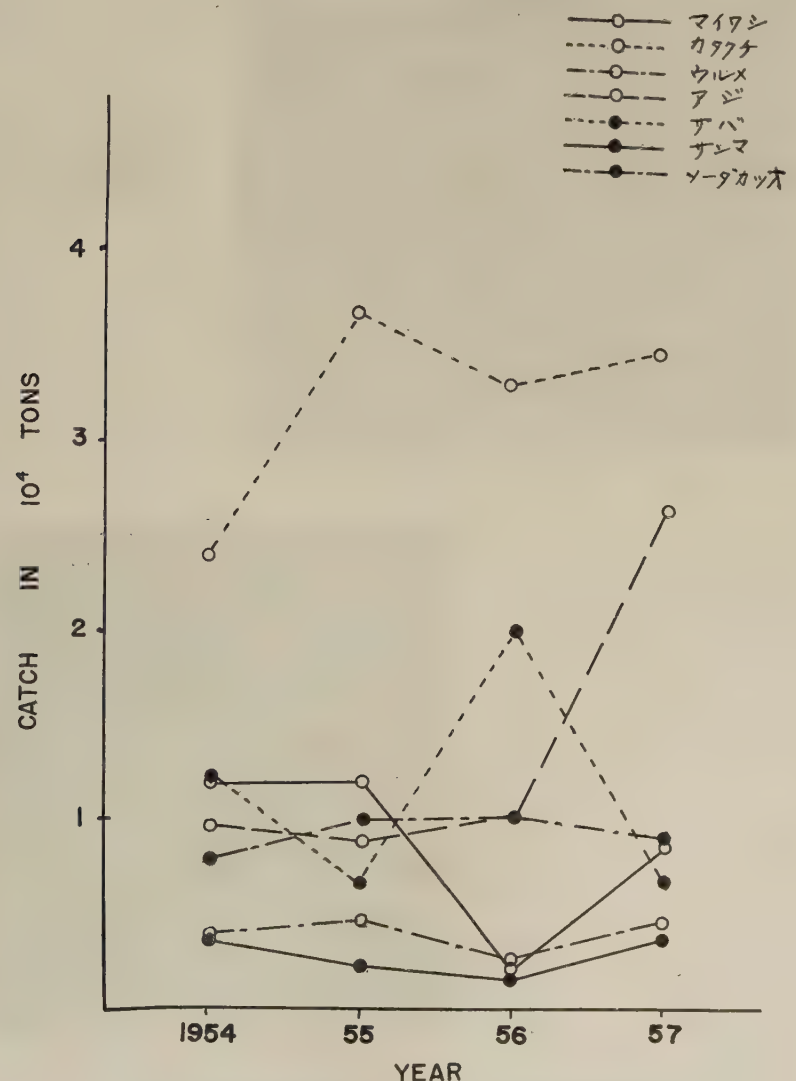
| 海域別 県別 ＼ 捕食魚 魚種間 | スルメイカ・クロマグロ | スルメイカ・スズキ | スルメイカ・サワラ | スルメイカ・コウイカ | スルメイカ・ヨシキリ | スルメイカ・ボラ | スルメイカ・ブリ | クロマグロ・スズキ | クロマグロ・サワラ | クロマグロ・コウイカ | クロマグロ・ヨシキリ | クロマグロ・ボラ | クロマグロ・ブリ | スズキ・サワラ | スズキ・コウイカ | スズキ・ヨシキリ | スズキ・ボラ | スズキ・ブリ | サワラ・コウイカ | サワラ・ヨシキリ | サワラ・ボラ | サワラ・ブリ | コウイカ・ヨシキリ | コウイカ・ボラ | コウイカ・ブリ | ヨシキリ・ボラ | ヨシキリ・ブリ | ボラ・ブリ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 日本全国 | | ○ | | | | | ○ | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 東北海区 | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | ○ | | | | | | | | |
| 青森 | | ○ | | | | | | ○ | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | ○ | |
| 岩手 | | ○ | | | | | | | ○ | | ○○ | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | |
| 宮城 | | | | | | | | | | | | ○ | | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| 福島 | | ○ | | | ○ | | | ○ | | | ○ | | | | ○ | | | | | | | | ○ | | | | | |
| 茨城 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 東海区 | | | | | | | ○ | | | ○ | | | | ○ | ○ | | ○ | | | | | | | | | | | ○ |
| 千葉 | ○ | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | ○○ | | ○ | | | | ○ | | | | | | ○ | | ○ | ○○ | ○○ | |
| 東京 | | | | | | | | | | | | | | ② | ○ | | | ○ | | ○ | | | ○ | | | | | |
| 神奈川 | | | | | | | | ○ | | | | | | ○ | | ○ | | | | | ○ | | | | | | | |
| 静岡 | | | | | | ○ | | | | | | | | ○ | | | ○ | | | ○ | | ○ | | | | | | |
| 愛知 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 三重 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 南海区 | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | ○ | | | | | | | | | | |
| 和歌山 | | | | | | | | | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | ○○ | ② | | | | ○ | | | | |
| 徳島 | ○ | | | | | | | ○ | | | | ○ | | | | | | | ○ | | | | | | ○ | | | |
| 高知 | | | ○○ | ○ | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | ○ | | | | |
| 愛媛 | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | ○ | | | | |
| 大分 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 宮崎 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 西海区 | | | | | | ○ | ○ | | | | | | | | | | ○ | | | | ○ | | | | | | | |
| 福岡 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 佐賀 | | | | | | | ○○ | | | | | | | ○ | | | ○ | | | ○ | ○ | | | | ○ | | | |
| 長崎 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | ○ | | | | | | | |
| 熊本 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 鹿児島 | | | | | ○ | | | | | | | ○ | | | | | | | | | ○ | | | ○ | | | ○ | |
| 日本海北区 | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 青森 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 秋田 | | ○ | | | | | | | | | | | ○ | | | | | ○ | | | | | | | | | | |
| 山形 | | ○○ | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 新潟 | | ○ | | | | | | | | | | ○ | | | ○ | | | | | | | | | | ○ | | | |
| 富山 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 石川 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 日本海西区 | | | | | | | | | ○ | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | |
| 福井 | | | | | | | | ○ | ○ | | | | ○ | | | | ○ | | | | | | | | ○ | | | |
| 京都 | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | ○ | | | | | | | | | | |
| 兵庫 | | | | ○ | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | ○ |
| 鳥取 | | | | | | ○ | ○ | ○ | | | | | ○ | | | | | | ○ | | | | | | | | | |
| 島根 | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 捕食魚種間 ＼ 海域別県別 | スルメイカ・クロマグロ | スルメイカ・スズキ | スルメイカ・サワラ | スルメイカ・コウイカ | スルメイカ・ヨシキリ | スルメイカ・ボラ | スルメイカ・ブリ | クロマグロ・スズキ | クロマグロ・サワラ | クロマグロ・コウイカ | クロマグロ・ヨシキリ | クロマグロ・ボラ | クロマグロ・ブリ | スズキ・サワラ | スズキ・コウイカ | スズキ・ヨシキリ | スズキ・ボラ | スズキ・ブリ | サワラ・コウイカ | サワラ・ヨシキリ | サワラ・ボラ | サワラ・ブリ | コウイカ・ヨシキリ | コウイカ・ボラ | コウイカ・ブリ | ヨシキリ・ボラ | ヨシキリ・ブリ | ボラ・ブリ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 内海東区 | | | | | | | | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | |
| 和歌山 | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | ○ | | | | ○ | | | | | |
| 大阪 | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | ○ | | | ○ | | | | ○ |
| 兵庫 | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | ○ | | | | | | | | | |
| 山口 | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| 徳島 | | | | | | | | | | | | | | ②) | | | | | | | | | | | | | | |
| 香川 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 内海西区 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 広島 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | ○ | | | ○ | | | | |
| 山口 | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | |
| 福岡 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | ○ | | | | | | |
| 大分 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 愛媛 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | ○ | | | | |

**第 8 表** 捕食魚種間競合関係別の海域・県

| 捕食魚種間 | 海域 | 県 |
|---|---|---|
| スルメイカ・クロマグロ | | 千葉，高知，島根 |
| スルメイカ・スズキ | 日本全国 | 青森(東北海区)，宮城，茨城，千葉，秋田，新潟，富山，山口(日本海西区) |
| スルメイカ・サワラ | | 愛媛(南海区)，大分(南海区)，福井 |
| スルメイカ・コウイカ | 日本海北区 | 千葉，大分(南海区)，新潟，鳥取 |
| スルメイカ・ヨシキリザメ | | 福島，鹿児島 |
| スルメイカ・ボラ | 西海区 | 千葉，愛知，山口(日本海西区) |
| スルメイカ・ブリ | 日本全国，東海区，西海区 | 長崎，佐賀，島根 |
| クロマグロ・スズキ | 内海区 | 青森(東北海区)，福島，東京，静岡，高知，福井，山口(日本海西区) |
| クロマグロ・サワラ | 日本全国，日本海西区，内海区 | 宮城，徳島(南海区)，福井，京都 |
| クロマグロ・コウイカ | 東海区 | 徳島(南海区)，大阪 |
| クロマグロ・ヨシキリザメ | | 宮城，福島，千葉，東京，和歌山(南海区)，鹿児島 |
| クロマグロ・ボラ | 東北海区 | 宮城，愛媛(南海区)，宮崎，石川 |
| クロマグロ・ブリ | 南海区 | 東京，山形，京都，兵庫(日本海西区)，山口(日本海西区) |
| スズキ・サワラ | 東海区，南海区 | 宮城，神奈川，静岡，三重，佐賀，岡山，徳島(内海区)，香川 |
| スズキ・コウイカ | 東海区・日本海西区 | 茨城，神奈川，石川，鳥取，福岡(内海区) |
| スズキ・ヨシキリザメ | | 静岡 |
| スズキ・ボラ | 東海区，西海区 | 愛知，千葉，福岡(西海区)，福井 |
| スズキ・ブリ | | 福島，茨城，静岡，福岡(西海区)，熊本，鹿児島，京都，兵庫(内海区) |

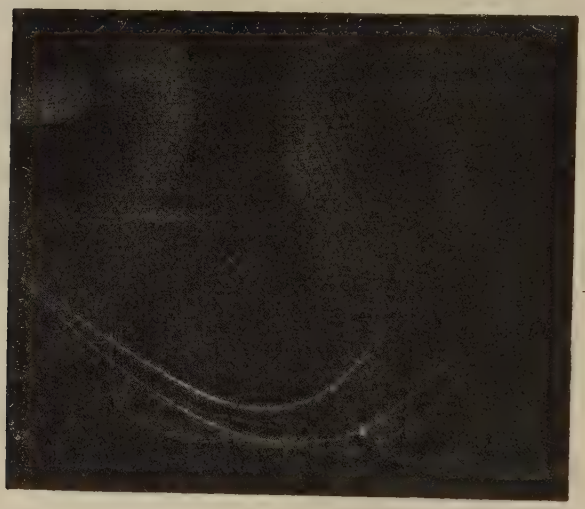
| | | |
|---|---|---|
| サワラ・コウイカ | | 和歌山，徳島(南海区)，愛媛(南海区)，熊本，山口（日本海西区)，岡山，広島，大分(内海区) |
| サワラ・ヨシキリザメ | 東北海区 | 神奈川，三重，高知 |
| サワラ・ボラ | 西海区 | 静岡，福岡(西海区)，長崎，鹿児島，和歌山(内海区)，大分(内海区) |
| サワラ・ブリ | | 三重，大分(内海区) |
| コウイカ・ヨシキリザメ | 内海区 | 茨城，千葉，神奈川，鹿児島，大阪 |
| コウイカ・ボラ | | 和歌山・大分(南海区)，鹿児島，広島，兵庫・愛媛(内海区) |
| コウイカ・ブリ | | 千葉，愛媛(南海区)，佐賀，石川，兵庫(日本海西区) |
| ヨシキリザメ・ボラ | | 宮城，京都，神奈川 |
| ヨシキリザメ・ブリ | | 青森(東北海区)，神奈川，静岡，鹿児島 |
| ボラ・ブリ | 東海区 | 鳥取，兵庫(内海区) |




第 41 図　南海区水域における餌料魚種の漁獲量

**第 9 表** 南海区餌料魚種間競合関係

| | サンマ | サバ | アジ | ウルメ | カタクチ | マイワシ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| マイワシ | ○ | | ○ | | | |
| カタクチ | | | | ○ | | |
| ウルメ | | | | | | |
| アジ | | | | | | |
| サバ | | | | | | |
| サンマ | | | | | | |




a. マイワシとアジ，サンマ

b. カタクチイワシとウルメイワシ

**第 42 図** 南海区水域における餌料魚種間の競合関係

南海区水域（和歌山県より宮崎県までの太平洋沿岸）を例にとつて説明する。第 41 図に南海区水域の餌料魚種の漁獲量の経年変化を示したがこれをアナログコンピューターにより前章と同じ方法で分析すると，第 9 表に示すような競合関係の有無を求めることが出来る。アナログコンピューターの解を競合関係のある各魚種間毎に示すと第 42 図 a（マイワシとアジ・サンマ），b（カタクチイワシとウルメイワシ）となる。

### 11—2.　日本全国の海域別・県別の分析結果

全国の各県・各水域について南海区水域と同様な分析を行ない，その結果得られた餌料魚種間の競合関係の一覧表を第 10 表に示す。又餌料魚種間競合関係別に県・海域をまとめてみると第 11 表のようになる。各魚種間毎のアナログコンピューターの解は省く。

**第 10 表**　海域別・県別餌料魚種間競合関係

| 海域別 県別 ＼ 餌料魚種間 | マイワシ カタクチ | マイワシ アジ | マイワシ サバ | マイワシ サンマ | カタクチ ウルメ | カタクチ アジ | カタクチ サバ | ウルメ サバ | ウルメ アジ | アジ サバ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 日本全国 | | ○ | | | | | | | | ○ |
| 東北海区 | | | | | | | | | | |
| 青森 | | ○ | | ○ | ○ | | ○ | | | |
| 岩手 | ○ | | ○ | | | | | | | |
| 宮城 | | ○ | | | | | | | | |
| 福島 | | | ○ | | | | ○ | | | ○ |
| 茨城 | | | ○ | | | | | | | ○ |
| 東海区 | ○ | | | | | | | | | |
| 千葉 | | | | | | ○ | ○ | | | |
| 東京 | | | | | | | | | | ○ |
| 神奈川 | ○ | ○ | | | | | | | | |
| 静岡 | | | | | | ○ | | | | |
| 愛知 | | | | | | ○ | | | | |
| 三重 | | | | | | | ○ | | | |
| 南海区 | | ○ | | ○ | ○ | | | | | |
| 和歌山 | ○ | | | | | | | | | |
| 徳島 | | | | | ○ | | | | | |
| 高知 | | | | | ○ | ○ | | | | |
| 愛媛 | | ○ | | | | | | | | |
| 大分 | | | | | | | | ○ | | |
| 宮崎 | | | | | | | | | | |
| 西海区 | | | | | ○ | ○ | | | | |
| 福岡 | | | | | | ○ | ○ | | | |
| 佐賀 | | | | | ○ | | | | | |
| 長崎 | | | | | | ○ | ○ | | | |
| 熊本 | | | | | | ○ | | | | |
| 鹿児島 | | | | | | | | | | |
| 日本海北区 | | | | | ○ | | | | | |
| 青森 | | | | | | | | | | |
| 秋田 | | | | | ○ | ○ | ○ | | | |
| 山形 | | | | | | ○ | ○ | | | |
| 新潟 | | | | | | ○ | ○ | | | |
| 富山 | | | | | | ○ | ○ | | | ○ |
| 石川 | ○ | | | | | | ○ | | ○ | |

| 餌料魚種間 / 海域別 県別 | マイワシ カタクチ | マイワシ アジ | マイワシ サバ | マイワシ サンマ | カタクチ ウルメ | カタクチ アジ | カタクチ サバ | ウルメ サバ | ウルメ アジ | アジ サバ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 日本海西区 | | | | | ○ | ○ | | | | |
| 福井 | | | | | | ○ | | | | |
| 京都 | ○ | | | | | ○ | | | | |
| 兵庫 | ○ | | | | | | | | | |
| 鳥取 | | | ○ | | | ○ | | | | |
| 島根 | ○ | | | | | ○ | ○ | | | |
| 山口 | | | | | ○ | | | | | |
| 内海東区 | | | | | | | ○ | | | |
| 和歌山 | | | | | | ○ | | | | |
| 大阪 | | | | | | | | | | |
| 兵庫 | | | | | | | ○ | | | |
| 岡山 | | | | | | | | | | |
| 徳島 | | | | | | | ○ | | | |
| 香川 | | | | | | | ○ | | | |
| 内海西区 | | | | | | | | | | |
| 広島 | | | | | | ○ | | | | |
| 山口 | | | | | | | | | | |
| 福岡 | | | | | | | | | | |
| 大分 | | | | | | ○ | | | | |
| 愛媛 | | | | | | ○ | | | | |

**第 11 表** 餌料魚種間競合関係別の海域・県

| 餌料魚種間 | 海域 | 県 |
|---|---|---|
| マイワシ・カタクチ | 東海区 | 岩手，神奈川，和歌山(南海区)，富山，京都，兵庫(日本海西区)，島根 |
| マイワシ・アジ | 日本全国，南海区 | 青森(東北海区)，宮城，神奈川，愛媛(南海区) |
| マイワシ・サバ | | 岩手，福島，茨城，鳥取 |
| マイワシ・サンマ | 南海区 | 青森(東北海区) |
| カタクチ・ウルメ | 南海区・西海区 日本海北区・日本海西区 | 青森(東北海区)，高知，徳島(南海区)，佐賀，秋田，山口(日本海西区) |
| カタクチ・アジ | 西海区・日本海西区 | 千葉，愛知，静岡，高知，長崎，福岡，熊本，秋田，山形，福井，兵庫(日本海西区)，島根，山口，和歌山(内海東区)，広島，大分(内海西区)，愛媛(内海西区) |
| カタクチ・サバ | 内海東区 | 青森(東北海区)，福島，千葉，三重，福岡(西海区)，長崎，山形，新潟，秋田，石川，山口(日本海西区)，兵庫(内海東区)，徳島(内海東区)，香川 |
| ウルメ・サバ | | 大分(南海区) |
| ウルメ・アジ | | 石川 |
| アジ・サバ | 日本全国 | 福島，茨城，東京，富山 |

## 12. 考　　察

資源研究上で，最近その重要さを増してきたものの一つは魚種間相互関係である。日本近海の沿岸重要資源魚種間の相互関係を，食害関係ならば(26)式，競合関係ならば(30)式によつて数理的に検討するにあたり，これらの式を解くに便利なアナログコンピューターによつて分析してきた。そしてその結果は前章までの各章に，相互関係の有無を主体として記してきたところである。取扱としては漁獲統計の機械的な数理分析で

あるので，生物学的意味づけや生態学的裏付けには乏しいものであることは認めざるを得ない。しかし，資源の大きさ，多種多様の魚種資源の時間的空間的分布の詳細，食性，生活週期などについての知見が殆んどない現在の研究状態のもとでは，荒々しい分析も魚種間相互関係究明の第1歩としては意味がある。又ぼう大な資料の客観的分析をアナログコンピューターで手早く処理しうることを示したことも有意義であろう。かかる客観状勢とは言え研究に不完全な面の多々あることは許し難く，諸種の仮定，前提，生物学的検討，資源診断，漁況予測，漁業管理上の利用などについて今後の研究にまちたい。

前章までにも所々で述べてきたものもあるが，将来に究明さるべき問題としては次のような諸点があげられよう。

### 1. 資源の大きさ

分析の基本資料は資源の大きさの時間的変化である。絶対量としての資源の大きさが判明しておれば問題はないが，大部分の魚種ではそうでない。故に何らかの形の相対的な資源量指数が必要となつてくる。本報告では漁獲量又は単位努力当り漁獲量で以て資源量指数としたがそれぞれに疑問点があつて満足すべき条件を必ずしもそなえているわけではない。資源の絶対量又は異なる形の資源量指数で計算を行なえば，本報告で相互関係があると認めた魚種間でも相互関係がないものもあらわれてこようし，逆に本報告で相互関係のなかつた魚種間に相互関係がみとめられる場合も生じよう。相互関係の研究をより正確にするためには，各魚種の資源量指数の算出方法の研究が進むことを望むものである。

### 2. 相互関係のパラメターの数値

アナログコンピューターの分析を通して得たところのパラメターの数値を，2，3の例を除いては記さなかつた。このパラメターは各魚種の持つている自己再生産力，餌料の転換効率，両魚種の出合う確率などによつて規制されるものであるから，パラメターの数値間には一定の法則性があつてよい。しかし本報告で記した相互関係の結果は，この方面の研究の第1歩であつて，推定されたパラメターの精度が高いものとは考えられない。と云うのは資源の大きさの問題点のところでもしるしたように分析に使つた基本資料（資源量指数）すらそれほど完全なものではないからである。本報告の結果は故に定性的な意味に解すれば無難である。しかしそれに満足することはできないので，将来はパラメターの推定値自身の有意性と法則性を食性調査の結果と照合して論ずる段階に入りたい。

### 3. 3魚種又はそれ以上の魚種の相互関係

(26)式又は(30)式は2魚種間の相互関係をあらわす式であるが，3魚種又はそれ以上の多くの魚種の相互関係の式も2魚種と同様な考え方によつて求めることは出来る。微分方程式としては多元連立となる。海洋の中で2魚種のみで生物社会を形造つているとは考えられないので，3魚種又はそれ以上の魚種の相互関係を論ずるのが合理的である。しかしどの種類の魚種が相互に関連し合つているかが不明である現在，先づ2魚種として分析してみるのが常道であろう。それで説明し得ない現象があれば次に3魚種又はそれ以上の魚種について考慮すべきである。

2魚種のみで論じたことは決してほめたことではないことは自明である。現在のところどれだけの魚種を選出して相互関係を論ずればよいのかも分つていないので，無理を承知での分析であることは否定するものではないが，やむを得ざる処理方法である。しかしながら特に顕著な相互関係は2魚種の分析により引き出し得る可能性はあると思う。

### 4. 数学的モデル

本報告では VOLTERRA の提示した数学的モデルによつて相互関係を分析した。VOLTERRA の数学的モデルですべてをあらわし得ると云う保証は何もないのであるから，別の数学的モデルを考えてもよい。しかしここでもこの方面の研究の第1歩と云う点で，複雑な数学的モデルを採ることは当を得たものではない。不完全ではあつても先づ VOLTERRA の数学的モデルによつて分析を行ない，その後検討を加えて更によきモデル

の設定へと進むことが望ましい。

### 5. 生物学的意味付

分析結果として本報告に記載したものは，漁獲統計資料の機械的計算結果である。生物学的意味が加味されての結果ではない。だから中には生物学的には無意味なものも含まれていよう。しかし大多数の魚種については生物学的に相互関係を論じ得るところまで資源研究が進んでいるわけではないので，このような分析方法も止むを得なかつた。今後色々な知見が判明するにつれて，本報告にのせた魚種間相互関係が生物学的に検討されるようになろう。

### 6. 転換効率とパラメター

魚種間相互関係のパラメター（$\alpha_1$，$\beta_1$，$\alpha_2$，$\beta_2$）は明らかに餌料の転換効率と関連がある。転換効率については2，3の魚種で飼育実験により明らかにされつつあるので，推定されたパラメターと比較検討することが可能になりつつある。各魚種の転換効率が明らかとなり魚種間相互関係のよりよき解明に役立つことを望むものである。

### 7. 資源の診断，漁況の予測，漁業の管理への適用

魚種間相互関係が明らかとなれば，それを応用して資源の診断，漁況の予測，漁業の管理についてのより合理的且つ正確な判定が可能となる。特に漁況の予測は，相互関係にある魚種及びそのパラメターが判明すればアナログコンピューターで求め得る。又漁業の管理にしても，単一資源としての最大持続生産量と云う概念は合理的でなくなり，相互関係にある各魚種を含めてどの魚種をどのように規制すれば全体として最良の生産量をあげ得るかと云う考え方に変つてこよう。

まだまだ問題点は外にもあるであろうが，いづれの問題も現在では未解決の状態であるので，将来の研究の発展によらねばならない。

## 謝　辞

本研究の途上，各方面の多数の方々の懇切なる御指導と理解ある御援助を頂いた。特に，アナログコンピューターがなければ本報告の分析は不可能であつたが，この点については東海区水産研究所源生所長及び栗田資源数理科長の御尽力と御教示に負うところが大きい。ここに衷心より感謝の意を表する。又アナログコンピューターの操作，計算，解指示写真，作表などの諸作業については資源数理科の非常な御助力があつた。これらの方々に対して深く感謝する。

## 要　約

1. 魚種間相互関係（食害及び競合）の数学的モデルとしてVOLTERRAの式を採つたが，その微分方程式を解くのにアナログコンピューターを使用した。それで先づアナログコンピューターの構成，資源研究への利用法などについて説明した。

2. 食害関係の理論的な式として(26)式を導き出し，それのアナログコンピューターによる解法を示した。

3. 競合関係の理論的な式として(30)式を導き出し，それのアナログコンピューターによる解法を示した。

4. 南海区水域のクロマグロと主要沿岸魚種とは，1951年より1956年までの漁獲統計の分析では食害関係があることが判明した。短期的にはクロマグロはスルメイカと食害関係にあるようにも分析されるが，長期的にはスルメイカも含めた沿岸浮魚魚種の総量と食害関係にあるとする方がよい。

5. 佐渡の定置網と底曳網の1953年より1958年までの漁獲統計の分析を行ない，定置網で漁獲される魚種間の相互関係，底曳網で漁獲される魚種間の相互関係及び定置網で漁獲される魚種と底曳網で漁獲される魚種との間の相互関係を夫々第27図，第28図及び第29図に示した。

6. 南海区底魚の単位努力当り漁獲量の月変化を7つの型に分け，主要な魚種について相互関係を求めた。

第1表及び第 31 図にその結果を示す。

7. イワシ類，スルメイカ，クロマグロの日本全国の漁獲量（1928 年より 1954 年まで）の長期変動を分析した。イワシ類とスルメイカは競合関係にあること及びクロマグロはイワシ類・スルメイカと食害関係にあることが判明した。

8. 日本近海の沿岸重要魚種を捕食魚と餌料魚種とに大別して，食害関係の有無を県別・海域別に求めた。資料は 1954 年より 1957 年までの漁獲統計である。分析結果は第4表及び第5表に示してある。

9. 日本近海の沿岸重要魚種の捕食魚間の競合関係を分析し，その結果を第7表及び第8表にのした。

10. 日本近海の沿岸重要魚種の餌料魚種間の競合関係を分析し，その結果を第10表及び第11表にのした。

11. 魚種間相互関係の研究上今後に残された問題としては，

a）分析をより一層現実と合つたものにするために資源の大きさ（又はその相対的指数）の適切な推定が必要であること

b）相互関係を単に定性的に終らすことなく，相互関係のパラメターの数値の生物学的意味を検討すること

c）3魚種又はそれ以上の魚種間の相互関係についても分析してみること

d）数学的モデルとして VOLTERRA の提示したもの以外に適当なものはないか

e）本報告の相互関係はすべて漁獲統計の機械的な分析結果であるが，生物学的及び生態学的検討が必要であること

f）飼育実験による餌料の転換効率と相互関係のパラメターとの間の関連をしらべること

g）資源の診断，漁況の予測，漁業の管理などの実際面へ相互関係の分析結果を応用して役立てること

などの諸点があげられる。

## 文　　献


1) RUSSEL, E.S.: Some theoretical considerations on the 'overfishing' problem, *J. Cons. Int. Explor. Mer*, **6** (1), 3–20, (1931).
2) 土井長之：水産資源の力学的取扱--I．単一魚種資源の力学的特性，日水誌，**21** (11)，1121–1133, (1956).
3) BARANOV, F.I.（笠原，深滝共訳）：漁業における生物学的基礎の問題，漁業科学叢書，第1号，水産庁，(1951).
4) KURITA, S.: A theoretical consideration on the method for estimating the yearly survival rate of fish stock by using the age difference between the oldest and the average (1)，日水誌，**14** (1)，1–12, (1948).
5) 土井長之：生残率を求める推計学的な一つの方法，日水誌，**14** (2)，91–104, (1948).
6) ――――：ストックの年令組成の回帰分析による取扱について，日水誌，**15** (7)，306–310, (1949).
7) YAMANAKA, I.: Some remarks in estimating natural mortalities in population dynamics of fish resources, 日水研年報，**3**, (1957).
8) 山中一郎：利用度の変化を考慮した水産資源学の数学的模型に関する研究，日水研報，**8**, (1961).
9) 吉原友吉：生物資源量の推定法，日生態会誌，**4** (4)，177–182, **5** (1)，37–41, (1955).
10) 田中昌一：魚の資源における死亡と成長の作用についての数理的考察，東海水研報，**20**, (1958).
11) 栗田　晋：マイワシ資源量の変動に関する二・三の知見，特に 1941 年以降の激減について，東海水研報，**18**, 1–14, (1957).
12) 山中一郎・伊東祐方：昭和 29 年イワシ資源協同研究経過報告，日水研，(1956).
13) 土井長之：瀬戸内海におけるマダイ資源について，日水誌，**21** (5)，320–334, (1955).
14) 真子　渺：資源の状態，東海・黄海における底魚資源の研究，**4**, 82–92, (1957).
15) 山中一郎：年令組成による資源解析（日本海の底魚漁業とその資源），日水研報，**4**, (1956).
16) 木村喜之助：東北海区サンマ漁況に対する資源学的考察，東北水研報，**14**, (1960).
17) 田中昌一：水産生物の Population Dynamics と漁業管理，東海水研報，**28**, (1960).
18) RICKER, W.E.: Handbook of computation for biological statistics of fish populations, *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, **119**, (1958).

19) Beverton, R.J.H. and S.J. Holt: On the dynamics of exploited fish populations, *Fish. Invest., Ser. II*, **19**, (1957).
20) Graham, M.: "Sea Fisheries", London, (1956).
21) 農林水産技術会議: 昭和31年度水産資源に関する研究協議会経過概要, (1957).
22) ————————: 昭和32年度水産資源に関する研究協議会経過概要, (1958).
23) 横田滝雄・浅見忠彦: 昭和28年鰮資源協同研究経過報告, 南海区水研, (1956).
24) Volterra, V.: Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together, *J. Cons. Int. Explor. Mer*, **3** (1), 3–51, (1928).
25) Bartlett, M.S.: On theoretical models for competition and predatory biological systems, *Biometrika*, **44**, 27–42, (1957).
26) Leslie, P.H.: An analysis of the data for some experiments carried out by Gauss with populations of the protozoa, Paramecium aurelia and Paramecium candatum, *Biometrika*, **44**, 314–327, (1957).
27) ————————: A stochastic model for studying the properties of certain biological system by numerical methods, *Biometrika*, **45**, 16–31, (1958).
28) 佐野 蘊: 北洋サケ・マスの害魚, ネズミザメに関する調査報告 (1960年), 北洋さけます食害調査会, (1961).
29) 土井長之: クロマグロと沿岸魚種との相互関係について, 日水誌, **26** (2), 99–102, (1960).
30) 長森享三, 木地和夫: "アナログ計算機入門", オーム社, 東京, (1961).
31) 土井長之: イワシ類の自然死亡係数と漁獲係数の分離についての一つの試み, 東海水研報, **25**, 1–25, (1959).
32) ————————: 日本海西部の流刺網漁業の対象となるマイワシ資源の変動の解析と機構について, 日水誌, **24** (6/7), 462–465, (1958).
33) ————————: 日本海西部のマイワシ資源の来游率について, 東海水研報, **26**, 1–6, (1959).
34) ————————: サンマの資源量を推定する試み, 日水誌, **24** (8), 608–612, (1958).
35) ————————: 瀬戸内海におけるイワシの漁況について—II. 漁獲高の自然環境に対する相関及び漁況の予測, 日水誌, **21** (2), 82–87, (1955).
36) 山中 一: クロマグロの研究—I. 漁獲物の体重分布にみられる Mode, 南海水研報, **9**, 125–135, (1958).
37) 横田滝雄, 工藤普二, 通山正弘, 金井富久子: 太平洋南区の底魚資源について, 南海水研報, **10**, 1–47, (1959).

(Translation available from Canada F.R.B., Translation series #461, 1965) Nanaimo, B.C.

# On the Predatory and Competitive Relationships among Fishes Caught in the Waters Adjacent to Japan

Takeyuki Doi

## Synopsis

Dynamical study on fish resources has been intended to analyse catch curves, to evaluate the effect of intensity of fisheries on the size of populations after recruitments come in fishing grounds, and to estimate the optimum utilization of the recruits. In other words, the problem hitherto treated are related with seasonal variations of catch in a given stock and recruitment. Nevertheless, it is clear that there are a number of causes controlling yearly or monthly fluctuations of population size besides the influences of fisheries. Particularly the following factors are recognized more important in population dynamics than fisheries—namely, bionomical or oceanographical conditions to deplete the abundance of the young stage of fishes, reproduction to decide the incoming youngs from spawning adults, relations between biological characteristics (for instance, tempo of growth, period of maturity) and population size, community studies on fishes living together in the same waters, and so on.

In the present paper the writer has tried to discuss the community problems that have

two situations. One of the theoretical and mathematical models on the problem was discussed by VOLTERRA. Of course, the model presented by VOLTERRA is not so exact and practical that phenomena of actual situations can be interpreted by the model every time. It is easy to develop a theory and to make models more profound and complicated. But it is no good in the practical point of view to do so, for, because of existence of various factors effecting the variations of population size, it seems impossible to interprete the nature of fish populations even by such an expansion of the theory. In the present step of study about the community problems of fish populations, it is surely significant and practical to deal the problems in a simplified formula as the first approximation. From such a standpoint, the writer takes the VOLTERRA's formulae as a model of community in analysing the coastal fisheries of Japan.

If difficulties are found in explaning the phenomena by the model adopted here, we may introduce adequate and revised models that are more fittable to the nature than VOLTERRA's model. It is insignificant to deny the VOLTERRA's model before trying to test it practically to the actual analysis.

As to theoretical models of prey-predator relationships among fishes, VOLTERRA's differential equations are well-known. Nevertheless, there are a great deal of criticism that those equations cannot stand for real circumstances of community of fish or animals. But as the equations are convenient to examine the community problems of fishes, discussions about the equations are now often presented. Putting $N_1$ and $N_2$ to the abundance of prey and predator in predatory relationships, equation (26) will be obtained from the mathematical model presented by VOLTERRA. If density-dependent factors are considered, we get the formula (27) instead of (26). But here in this report, the writer tries to analyse the populations of two species which are regarded as predator and prey by equation (27).

Quite analogous to the two species competitive relationships, equation (30) is adopted as a formula determining the variations of two species $N_1$ and $N_2$, which lie in the same trophic level and eat the same food, competing with each other. In equations (26) and (30) $\alpha_1$, $\alpha_2$, $\beta_1$ and $\beta_2$ are the parameters in consistence with community.

By using appropriate units of an analog-computer as set in the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory for the purpose of solving population dynamics problems, we can solve every kind of differential equation. For example, equation (5)—Von Bertalanffy's grow law—can be solved by the analog-computer from the block diagram shown in Fig. 7. Graphical forms thus solved are shown in Fig. 8. Evaluation of population size, separation of fishing mortality from total mortality and estimation of availability can also be determined from the electronic computation.

Furthermore, a trial to prove whether VOLTERRA's equation is applicable to the predatory relationships has been carried out by taking as instance the problem between bluefin tuna, predator, and coastal fishes, prey, in the southern waters of Japan. The analog-computer was employed in solving the equation (26) which is a kind of non-linear differential equations. The followings are the results obtained by analysing the yearly variations of catch of fishes. as shown in Fig. 18 for the years 1951 to 1956.

First, relationships between bluefin tuna and common squid in the waters for the years 1951 to 1955 have been examined. In Fig. 19 the broken line, generated by a functionfitter of the analog-computer, represents the actual variations in the stock of common squid for the years 1951 to 1955, and the other curves stand for the theoretical variations in the bluefin tuna computed by the analog-computer for various values of a parameter of VOLTERRA's equation. The graphical form in the middle of theoretical curves is similar to an actual variation of bluefin tuna. Therefore, as far as those years are concerned, it seems that these two fishes are in prey-predator relationships fitted to VOLTERRA's equation.

In the second place, for the years 1951 to 1956 instead of 1955, it was found impossible to make a theoretical graphical form similar to actual variations of bluefin tuna. But when total catch of coastal fishes is considered instead of common squid alone, it is possible to find out predatory relationship between bluefin tuna and the sum of coastal fishes for the 1951 to 1956, as shown in Fig. 24. From these results it is concluded that bluefin tuna and coastal fishes including common squid are in predatory relationship in the southern waters of Japan.

Relative index of size of population will play an important role in the analysis. Generally speaking, the amount of population is unknown. Therefore, catch per unit effort is usually used as a relative index. But CPUE is not a true index of population size especially in case of changeable fishing effort. In treating here the community problem between bluefin tuna and coastal fishes, the analysis has been made by regarding the catch as an index of size of population.

In the waters around Sado Island on the Japan Sea, there are two kinds of fisheries set nets and trawling. The former catches sardine, anchovy, round herring, mackerel, sea bream, yellowtail, shark, pampanos, skipjack, cherry salmon, flying fish, bluefin tuna, flounder, Atka mackerel, sandfish, grey rock cod, crab, shrimp, octopus, deep sea smelt, and squid.

Secular variations of fishes caught by the set nets were classified into seven type from *a* to *g* as shown in Fig. 25. Among those fishes relationship was found out between sea bream and flounder (Fig. 27a), between pampanos and flounder (Fig. 27b), between bluefin tuna and shark (Fig. 27c) and between sardine and pampanos (Fig. 27d).

Secular variations of the trawling catches which were classified into three types (Fig. 26) indicated that Alaska pollack were corelated with both shrimp and sandfish (Fig. 28a and b).

Relationship between fishes caught by set net and those by trawlers was found out as shown in Fig. 29—namely between mackerel (set net) and Alaska pollack (trawl), between cuttle fish (set net) and Cod (trawl), between yellowtail (set net) and flounder (trawl), between cod (trawl) and sea bream (set net), crab (trawl) and flounder (set net) and between flounder (trawl) and flounder (set net).

In the above-described treatment, catches are considered as indics of population size. In ordinary treatment, however, catch per unit effort is assumed to be true to a relative index of size of population. In this standpoint, the writer tried to analyse the community problems of bottom fish caught by trawl fisheries in the southern waters of Japan.

Monthly variations of catch per unit haul are shown by each of different types of their trend in Figs. 7-a to 7-g. Catch of fishes of a-type decrease monotonously toward the end of fishing season. *Evgnnis japonica, Muraenesox cinereus, Lepidotrigla abyssalis, Upeneus bensasi, Pseudor-hombus cinnamoneus, Branchiostegus japonicus* and *Eopsetta grigorjewi* belong to a-type fishes. Fishes of b-type, which have trends of monotonous increase toward the end of season, include *Lepidotrigla guntheri, Lepidotrigla microptera, Pleuronichthys cornutus* and *Taius tumiforons.*

Variations of c-type have a peak in the beginning of season. *Nemipterus matsubarai, Psenopsis anomala, Lophiomus laticephalus* and *Pterthrissus gissu* belong to c-type.

The trend of d-type has a peak in the end of fishing season. *Trachurus japonicus, Saurida undosquamis, Caranx equula, Acropoma japonica, Evynnis japonica, Leiognathus leuciscus, Lagocephalus lunaria, Priacanthus macracanthus* and *Trichiurus lepturus* belong to d-type.

The trend of e-type shows a sharp increase in the end of season. *Lepidotrigla microptera, Saurida elongata, Chrysophrys major* and *Paralichthys olivaceus* belong to e-type.

Variations of f-type have trends of changing cycle. *Zeus japonicus, Sphyraena piguis* and *Fugu rubrips* belong to f-type.

G-type has rough trends of decreasing toward the end of season with a minimum catch in the season. *Lepidotrigla japonica, Astroconger myriaster, Chelidonichthys kumu* and *Cynoglossus robustus* belong to g-type. Results obtained from analysing by using the analog-computer in the same method mentioned above, are shown in Table 1. The mark ○ stands for the existence of relationship between two fishes written in column $N_1$ and line $N_2$ in the Table.

As to predation by bluefin tuna in the southern waters of Japan for a short period 1951 to 1956, the writer has described above. Similar problems have been treated for a longer period and in the whole waters adjacent to Japan by the use of catch statistics of *iwashi* (including sardine, anchovy and round-herring), common squid and bluefin tuna for the years 1928 to 1954. The following are the results obtained from analysing trends of the three groups of fish. First, competitive relationship between sardine and common squid is recognized, as shown in Fig. 33a, dotted line representing the actual variations of sardines and curve, the theoretical variations of common squid. Fig. 33b shows the correlations between common squid in abscisa and sardines

in ordinate. Next, predatory relationships are also found out between bluefin tuna and *iwashi* and between bluefin tuna and common squid as in Figs. 34 and 35.

The analysis was applied to the yearly catch statistics of important neritic pelagic fishes by species, by prefecture and by region for the years 1954 to 1957. According to the analysis, numbers of species reported in the above statistics can be roughly classified into predators and preys. Fishes that can be regarded as predators are common squid, bluefin tuna, common sea bass, Spanish mackerel, cuttle fish, great blue shark, mullet and yellowtail. Whereas, kinds of prey fish are sardine, anchovy, round-herring, pampanos, mackerel, saury and frigate mackerel.

Take, for example, predatory relationships on the Pacific coast of Aomori Prefecture Fig. 36 shows the secular variations of predators and Fig. 37, those of preys in the prefecture. Derived from the analysis in the above-mentioned method, results are indicated in Table 2. In Fig. 38 graphical forms of solutions by the analogue computer are shown for the relationships between: a) common squid and anchovy, b bluefin tuna and anchovy, and c yellowtail and pampanos. In the same way as for Aomori, results for other prefectures have been obtained as in Table 4 and 5.

Analysis of the curves shown in Fig. 39 for the two-species competition among predators in Chiba Prefecture produced results indicated in Table 6. Graphical forms of the solution by the analog-computer are shown in Fig. 40. Taking Japan as a whole, the writer obtained the competitive relationships between predators as shown in Tables 8 and 9.

Fig. 41 shows the secular variations of catches of preys in the southern waters of Japan. By analysing the curves in the same method described above, competitive relationships between preys are indicated in Table 9, with the solutions by the analog-computer in Fig. 42. Analytical results for competition among preys in the whole Japan, are shown by prefecture in Tables 10 and 11.

In studying community problems such as treated above, there are some difficulties which must be examined biologically and physiologically as follows:

1) $N_1$ and $N_2$ of eqns (26) and (30) do not stand for the catch but for the amount of populations of fishes considered. In order to solve community problems, therefore, it is necessary to estimate the amount of populations or true relative index of population size. As recent steps of study on population dynamics have seldom estimated this factor for general use, however, the writer could not help using the catch or catch per unit effort as first approximation.
2) As the results to be obtained are derived not from biological facts but from mechanical calculations of catch statistics by the analog-computer, the relationships must be cleared up in the standpoint of biology by surveys such as of stomach contents.
3) If coefficients of relationships ($\alpha_1$, $\alpha_2$, $\beta_1$ and $\beta_2$) come to be cleared up, we can predict the catch and contribute to the optimum management of fisheries. The coefficients are estimated by the analog-computer. So far, however, most of the values have been calculated not from the data of long period but from the ones of short period. Therefore, the values do not seem to be sufficiently significant in every case. We have to endevour to improve accuracy of the coefficients.
4) In the present paper, the writer employed the VOLTERRA's model of community. But another form of mathematical model better than VOLTERRA's may be suggested instead. Moreover, we have to consider the relationships among three or more fishes living together in the same waters especially when variations of populations of fishes can not be interpreted by two-species problem.

Those problems unsolved should draw more attention and encouragement in mathematical treatment of population dynamics in an entire community.

# 陸水の流入による海水塩素量の低下について*

渡　辺　信　雄

## 緒　　言

陸水が海湾へ流入してその場所の海水塩素量を低下させる現象は既によく認められている事実である。曩に坂本** は尾鷲湾への陸水流入が湾内各地点での塩素量低下の現象を取扱い，“平衡塩素量”なる考えを導入して人工放水のあつた際の塩素量低下を予想した。然乍ら之れは実際に変動しつつある自然現象を対象としての図上から推定している[1] ため，陸水流入量及塩素量測定値共時間変化をなし，所謂転移変動過程の夫夫の値を採用したことになり，陸水流入が相当長期間恒常となつた場合には塩素量終局値に近づくことは確かであるが，終局値そのものを之れから求めることは不可能であり，且つ理論的でない。

著者は陸水流入量及塩素量は互に非定常状態にあることを根底として，海湾の或る地点で両者の間に於ける相互関連を求め，この地点での特性値を求めることによつて，塩素量低下が陸水流入量の函数として求められることをのべ，之れにより或る量の陸水流入に対し定常，非定常を問わず，その流入水量に応じた塩素量の低下を予想することを試みた。

### 1.　基礎とした理論

海湾内での或る地点の或る水層に於ける塩素量の時間的変化は理論的に次式で与えられる。

$$\frac{\partial Cl}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\left(K_x\frac{\partial Cl}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_y\frac{\partial Cl}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_z\frac{\partial Cl}{\partial z}\right)-\left(u\frac{\partial Cl}{\partial x}+v\frac{\partial Cl}{\partial y}+w\frac{\partial Cl}{\partial z}\right) \tag{1}$$

但し $K_x$, $K_y$, $K_z$ 及 $u$, $v$, $w$ は夫々 $x,y,z$ 方向に於ける拡散係数と流速を示す。右辺の最初の3つの項は拡散現象に基づく変動を，第4項は移流によつて起る変動をのべすものである。簡単のため拡散はこの場所の塩素量と海湾外沖合の塩素量との差に比例し，移流による影響は陸水流入量の函数とその場所の塩素量の積に比例するとすると (1) 式は簡単化されて次の如くなる。

$$\frac{dCl}{dt}=a(Cl'-Cl)-F(q)Cl \tag{2}$$

ここで $Cl'$ は外湾に於ける変動の少い個所の塩素量を示し，$q$ は陸水流入量，$F(q)$ は $q$ によつてこの地点に影響される量とする，$a$ は比例常数である。考える地点やその水層の深さで，$a$ 及 $F(q)$ は一定であるとすると此らはこの地点の特性を示すものと云える。従つて観測値から之等の特性値を見出すことが出来れば (2) の解を求めることが出来，この地点の塩素量変動は明らかにされる。

(2) の微分方程式の解は $a$, $Cl'$ が $t$ に無関係で定つた値であり，且つ $t=0$ のときの $Cl$ を $Cl(0)$ とすると次の式で表される。

$$Cl=Cl(0)e^{-\int_0^t\{a+F(q)\}d\tau}+aCl'\int_0^t e^{-\int_\tau^t\{a+F(q)\}du}d_\tau \tag{3}$$

今 $q=q_0=\text{const.}$ のときは，

$$Cl=\frac{aCl'}{a+F(q_0)}-\left\{\frac{aCl'}{a+F(q_0)}-Cl(0)\right\}e^{-\{a+F(q_0)\}t} \tag{4}$$

$t\to\infty$ のとき $Cl\to Cl_\infty$ とすると，

$$Cl_\infty=\frac{aCl'}{a+F(q_0)} \tag{5}$$

之れが陸水流入量が一定のとき相当長い時間経過すると，この値に近づくと云う値で，所謂平衡値と云える

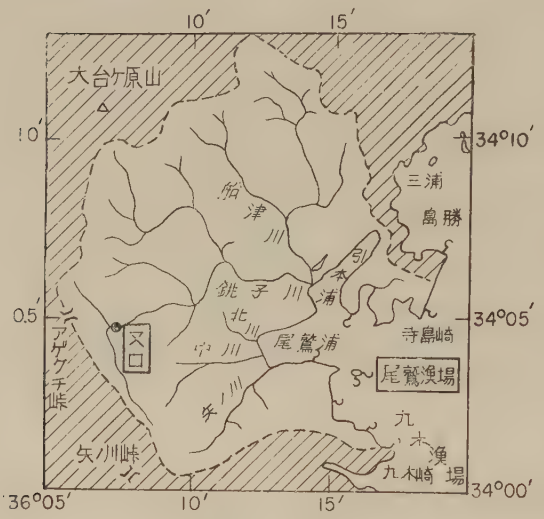
* 1961 年 7 月 13 日受理，東海区水産研究所業績A第 158

** 三重県立大学水産学部

ものである。平衡値に近づく過程や $q$ が一定でなく時間的に値が変る場合も (4) や (3) を用いることによつて算出出来るわけである。

以上の方法を用いて昭和 35 年 1 月～4 月の尾鷲漁場の表面塩素量変動について夫々の値を求めてみる。

## 2. 観測値を用いて特性値を求めること




第 1 図

尾鷲漁場及又口測水所の地理的位置は第 1 図に示した通りである。昭和 31 年～同 33 年に亘り行なわれた尾鷲湾放水影響調査によれば，尾鷲湾にに流入する陸水の総量は又口測水所の流量に比例する量で表わされるので[1)2)]，前項に於ける $q$ に対応しては又口測水所の流量を，$Cl$ に対しては尾鷲漁場の表面塩素量を採用する。又 $Cl'$ としては，九木埼～寺島埼（尾鷲湾口：第 1 図参照）間に出現した毎月の最高塩素量（1 月～4 月）の平均値 *19.33* を採用した。

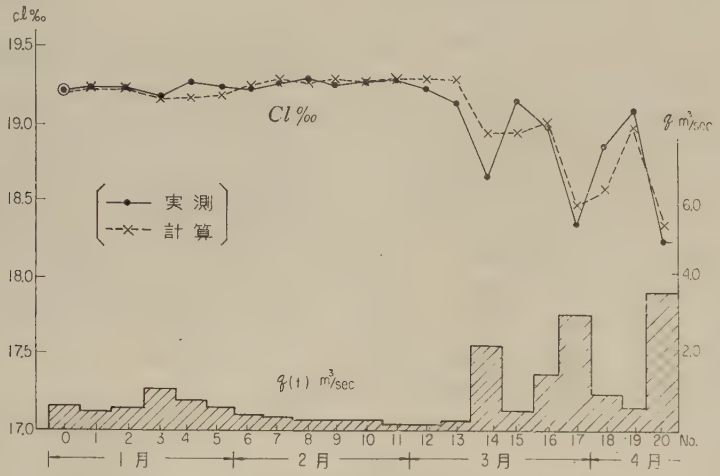
扨て又口測水所に於ける流量が尾鷲漁場に影響を与えるには当然或る時間を要し，之れだけ遅れるわけである。前述の尾鷲湾放水影響調査の際の結論に従えば少くとも 1～2 日のおくれを見せることがある[1)2)]。従つて今 $Cl$ や $q$ の値として，毎日の測定値をとる代りに半旬平均を求めて用いることにすれば，このおくれは考慮する必要はないであろう。従つて $q$ の影響と $Cl$ の変化とは同時に対応すると考えてよい。$q$ と $Cl$ の半旬平均値を第 1 表に示す。

**第 1 表** 昭和 35 年 1 月～4 月尾鷲漁場表面塩素量 ($Cl$) と又口測水所流量 ($q$) [半旬平均]

| No. | 区 | 間 | $q$ m³/sec | $Cl$‰ | No. | 区 | 間 | $q$ m³/sec | $Cl$‰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 日 日 | | | | | 日 日 | | |
| 0 | | 1—5 | 0.60 | 19.21 | 12 | | 1—5 | 0.13 | 19.25 |
| 1 | 1 | 6—10 | 0.46 | 19.24 | 13 | 3 | 6—10 | 0.24 | 19.18 |
| 2 | | 11—15 | 0.55 | 19.25 | 14 | | 11—15 | 2.12 | 18.66 |
| 3 | | 16—20 | 1.15 | 19.18 | 15 | | 16—20 | 0.46 | 19.22 |
| 4 | 月 | 21—25 | 0.81 | 19.27 | 16 | 月 | 21—25 | 1.42 | 19.01 |
| 5 | | 26—31 | 0.53 | 19.25 | 17 | | 26—31 | 3.07 | 18.37 |
| 6 | | 1—5 | 0.38 | 19.24 | 18 | | 1—5 | 0.82 | 18.89 |
| 7 | 2 | 6—10 | 0.31 | 19.26 | 19 | 4 | 6—10 | 0.53 | 19.11 |
| 8 | | 11—15 | 0.21 | 19.31 | 20 | | 11—15 | 3.46 | 18.24 |
| 9 | | 16—20 | 0.21 | 19.29 | 21 | | 16—20 | 6.61 | — |
| 10 | 月 | 21—25 | 0.21 | 19.31 | 22 | 月 | 21—25 | 4.92 | — |
| 11 | | 26—29 | 0.14 | 19.31 | 23 | | 26—30 | 3.32 | — |

尚第 1 表に於いて時の区間に若干不同のあることを改め，正しく 5 日にとつた方がよいと思うけれども，暦日と対照し見易くするためと，この様な区間にしたために起る誤は極めて小さいので便宜上この様にし，No. 1, 2, 3 …… の如き数字で夫々の半旬区間を区別することとした。

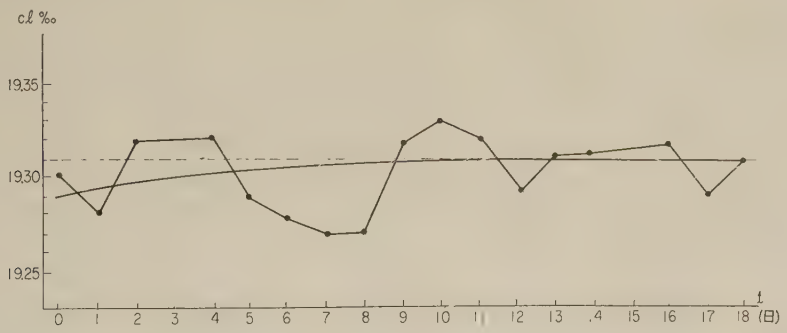
上記のように算出した平均値につき，$Cl$ はこの区間の中央値と見做し，$q$ はこの区間の間この流量を保つて流れていると見てよい。之れを図示すると第2図の如くなる。




**第 2 図**　昭和35年1月～4月尾鷲漁場表面塩素量($Cl$)と又口測水所流量($q$)の変動

(a)　特性係数 $a$ を決定する方法

上記の尾鷲漁場に於ける資料をみると，相当長期に亘つて $q$ が一定である期間がある。この期間では(4)式が成立する筈である。実際の観測期間中之れに相当するのは 2 月 11 日～29 日であるので，これを用いる。この期間に於ける毎日の $Cl$ の変化を図示すると第3図の如くなる。




**第 3 図**　昭和35年2月11日～29日尾鷲漁場表面塩素量日々変化
(この期間又口測水所の流量 $q_0=0.21\ \mathrm{m^3/sec}=\mathrm{const}$)

第3図で判る様に尾鷲漁場表面 $Cl$ は日々変動する，1週間程度の短週期変動らしきものも見られるが，之れは恐らく，気象変化乃至沖合外洋水の接岸などに起因する小変動を示すものであるが，その変動の振幅は高々 0.05‰ 以下で，陸水流出が一定なこの場合，省略し $Cl$ 変化の大勢を数式で表わすことを試みる。ならされた傾向線を描くと図中太線の如くなる。この曲線は次の数式で表せる。

$$Cl=19.31-(19.31-19.29)\,e^{-0.2113t} \qquad (6)$$

ここで $t$ の単位は1日とする。(2 月 11 日を原点とする)。

この式と (4) 式と比較すると，

$$\left.\begin{aligned}&\frac{aCl'}{a+F(q_0)}=19.31,\quad Cl(0)=19.29\\&a+F(q_0)=0.2113\end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

であればよいことになる。

ここで $Cl'=19.33$ であるから $a$ 及 $F(q_0)$ を求めると次の如くなる。

$$\left.\begin{aligned} a&=0.21108 \\ F(q_0)&=0.00022,\ \text{(但し } q_0=0.21\text{)} \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

(b) $F(q)$ を定める方法

第1表に掲げた $Cl$ の値及第2図に描いた $Cl$ は，半旬期の中央値を示すものであることは既に述べた通りである。$Cl$ 自体の時間的変化は (2) 式に対応するよう変化すれば，或る一つの半旬期間中の $q=q_i$ としたので，この半旬当初の $Cl$ と $q_i$ の大きさに応じて，$Cl$ は指数函数的に変化し半旬中央時に中央値を経て，更に変化をつづけ半旬期末に至る。半旬期末は次の半旬期の開始されるときであり，その初期値は前半旬期末の $Cl$ の値である。$q$ もこのとき $q_i$ から $q_{i+1}$ に急変し，その結果 $Cl$ は指数函数的変化をはじめ，前の半旬末とこの半旬とのつながりは不連続的につづいている。この第2の半旬期間の $Cl$ の変化もその初期値と $q_{i+1}$ の大きさに応じた変化をする。今考えている全期間を通じての $Cl$ の変化は各半旬期間内で類似の連続変化をなし，半旬期の接続点で不連続的につらなつているわけである。このようなモデルを考え，各半旬中央時に於ける値を用いて $F(q)$ を求めることを試みる。

前項 (a) に於いて特性係数 $a$ を知り得たので，この他 $Cl', Cl$ 及 $\frac{dCl^*}{dt}$ の値が知れていれば，$F(q)$ は次式から求められる。

$$F(q)=\frac{a(Cl'-Cl)-\left(\frac{dCl}{dt}\right)}{Cl} \qquad (9)$$

ここで右辺は既知の値であるので，そのときの $q$ の値と対応させれば $F(q)$ の数学的な式を求められる。扨て実際に第1表に掲げた値を用いて之れを求めると次の如くなる（第2表，第4図参照）。

**第 2 表** $F(q)$ の 計 算

| No. | $q$ m³/sec | $Cl$‰ | $Cl'-Cl$ | $\frac{dCl}{dt}\left(\frac{‰}{\text{day}}\right)$ | $F(q)$ | $\log_{10}q$ | $\log_{10}F(q)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $\times10^{-4}$ | | |
| 1 | 0.46 | 19.24 | 0.09 | − 0.0125 | + 16.320 | $\bar{1}$.663 | $\bar{3}$.213 |
| 2 | 0.55 | 19.25 | 0.08 | + 0.0138 | + 1.558 | $\bar{1}$.740 | $\bar{4}$.193 |
| 3 | 1.15 | 19.18 | 0.15 | − 0.0163 | + 24.922 | 0.060 | $\bar{3}$.397 |
| 5 | 0.53 | 19.25 | 0.08 | − 0.0040 | + 10.805 | $\bar{1}$.724 | $\bar{3}$.034 |
| 6 | 0.38 | 19.24 | 0.09 | + 0.0088 | + 5.249 | $\bar{1}$.580 | $\bar{4}$.720 |
| 7 | 0.31 | 19.26 | 0.07 | + 0.0013 | + 6.957 | $\bar{1}$.491 | $\bar{4}$.842 |
| 8 | 0.21 | 19.31 | 0.02 | + 0.0038 | + 0.207 | $\bar{1}$.322 | $\bar{5}$.316 |
| 9 | 0.21 | 19.29 | 0.04 | + 0.0025 | + 3.059 | $\bar{1}$.322 | $\bar{4}$.486 |
| 10 | 0.21 | 19.31 | 0.02 | + 0.0025 | + 0.880 | $\bar{1}$.322 | $\bar{5}$.944 |
| 12 | 0.13 | 19.25 | 0.08 | + 0.0163 | + 0.260 | $\bar{1}$.113 | $\bar{5}$.414 |
| 15 | 0.46 | 19.22 | 0.11 | + 0.0200 | + 1.613 | $\bar{1}$.662 | $\bar{4}$.207 |
| 16 | 1.42 | 19.01 | 0.32 | − 0.0980 | + 86.902 | 0.152 | $\bar{3}$.939 |
| 17 | 3.07 | 18.37 | 0.96 | − 0.0980 | + 163.092 | 0.487 | $\bar{2}$.212 |
| 19 | 0.53 | 19.11 | 0.22 | − 0.0625 | + 56.881 | $\bar{1}$.724 | $\bar{3}$.754 |
| 20 | 3.46 | 18.34 | 1.09 | − 0.2863 | + 282.456 | 0.539 | $\bar{2}$.451 |

* 中央時に於ける $\frac{dCl}{dt}$ を求めるには，各半旬毎の毎日の観測値を用い，$Cl$ の変化の傾向曲線を描き中央時の値を見積る。この場合半旬間に $Cl$ の値が異常に変動して，変化傾向を判定し難い場合がある。これは $q$ が突然急変し半旬間の平均値で代表し難いようなとき或は他の原因による $Cl$ の変化が加つたような場合であろう。このような場合又は欠測の多い半旬などは除外して，この期間内で $Cl$ の変化が指数函数的に変ることを考慮し乍ら選択する。その結果は第2表に掲げた通りである。

$$\left.\begin{aligned} F(q)&=kq^n \\ k&=2.5\times10^{-3} \\ n&=1.777 \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

### 3. 推算した特性値 $a,k,n$ の数値及び (2) 式の検討

前述のようにして，$a,k,n$ の数値を求めたが，はたして之らの値が実際の測定値に対して，適当なりや否や又同時に (2) 式が $Cl$ の変化を表わすに使用し得るかどうかを検討する必要がある。このためには (4) 式を用いて時々刻々の $Cl$ を算出し，実際の値とどの程度合致するかを吟味すればよい。

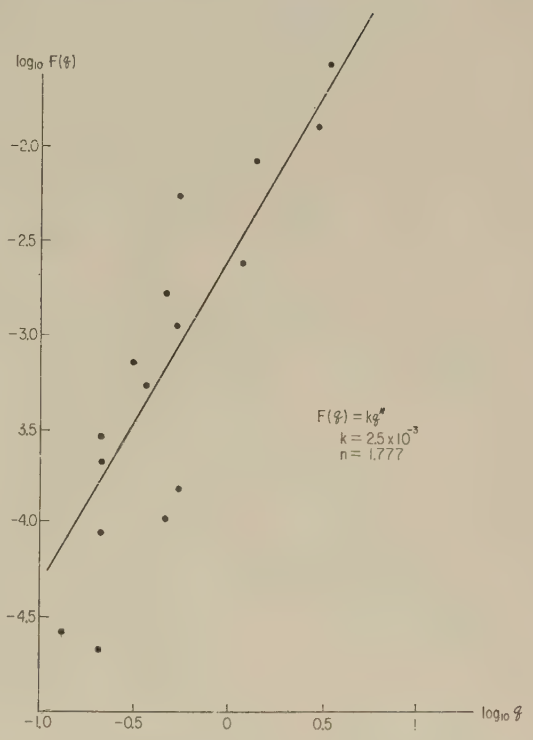
(8) と (10) とによつて，

$$\left.\begin{aligned} a&=0.21108\fallingdotseq0.21 \\ F(q)&=kq^n\begin{cases}k\fallingdotseq2.5\times10^{-3}\\ n=1.777\end{cases}\end{aligned}\right\} \qquad (\mathrm{i})$$

が得られ，その他

$$F(q_0)=0.00022\,;\ q_0=0.21 \qquad (\mathrm{ii})$$

が求められている。この値は (i) を採用したときの値と大差ない。故に特性係数の値として (i) の値を用い，初期値には No. 0 のときの値 19.21 をもととして，各時期の $Cl$ を求めたものを第2図中に記入しておいた。




第 4 図　$F(q)$ の推定

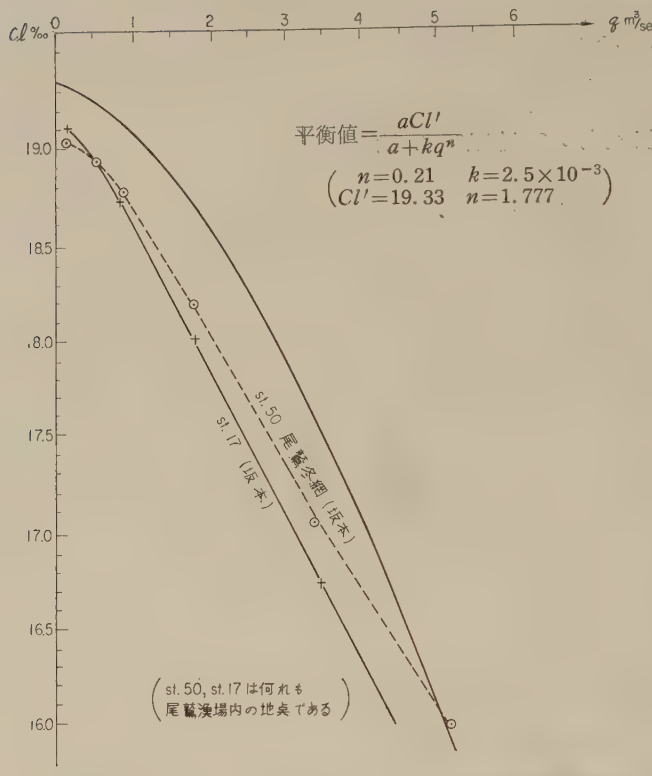
第2図に於いて計算と実測とを比較すると両者は可成りよく一致し，稍々差のある個所についても，変動の傾向は実測と同様であることから，当初に仮定した簡易化した微分方程式 (2) は陸水流入が海湾の塩素量を変動させる際の流入量と塩素量相互の関係を忠実に表わし，その変動の模様は特性係数 (i) によつて規定されると考えてよいことが証される。実測と計算との間に若干の差異のあることは，観測値そのものの精度云々も考慮せねばならないが，特性係数の算出決定にも幾分の吟味を加えれば改善されるのであろう。之等は今後の研究にゆずることとしたい。

### 4. 定常な陸水流入があつた際の塩素量の平衡値と或は塩素量に対するその低下量

定常な陸水流入があつた際の塩素量の平衡値は (5) 式を以て算出することが出来る。又初期値が知れていれば平衡値に至る経過を求めることも可能であり，陸水流入が時間的に変動する場合についてもその変動過程を算出出来ることは既に 3 で述べた通りである。

第5図に尾鷲漁場の $Cl$ の平衡値の流入量に対する変化を示す。このようにして求めた平衡値と曩に発表された坂本の平衡塩素量算出図表[2] より求めた同一地点の変化とを比較すると (第5図)，著者の方法による値は坂本の値より一般に大きく，流入量の小なるところで 0.2～0.3‰，流量 2～3 $m^3$/sec 以上の個所では 1‰ 余の大差がある。全体の傾向として流量の増大につれ $Cl$ の逓減する模様は類似している。

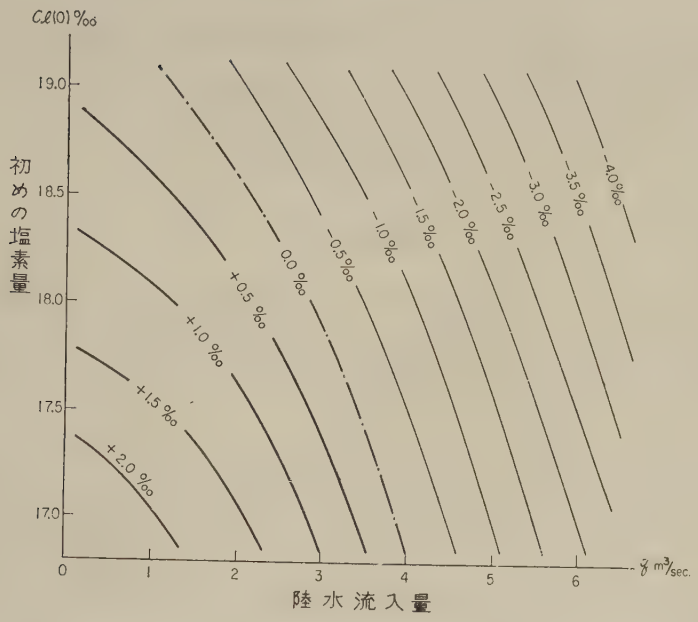
今仮りに坂本の方法[1)2)] による値に近接した曲線値を用い，前述の特性係数を定めて3で行つたところ実際と可成異つたものとなる。既に繰返し述べた如く坂本の方式は変動過程に於ける測定値そのものから類推したもので，上記の如き検討が不可能であつて，之れ以上の議論も亦不可であろう。ただし同氏の取扱つた観測資料は昭和 32 年～33 年に於けるものであり，著者の取扱つたものと年次を異にする。$Cl'$ が年によつて異ることが考えられるので，その年次につき同様の方法によつて求めれば，夫れと同様の結果を得るかも




**第 5 図** 尾鷲漁場に於ける陸水の定常流入に対する表面塩素量の平衡値（計算）

**第 3 表** 昭和 35 年 1 月～4 月尾鷲漁場表面塩素量実測と計算との比較

| No. | 実測値 | 計算値 | 差 | 又口測水所流量 | 定常流入の場合の平衡値 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ‰ | ‰ | ‰ | $m^3$/sec | ‰ |
| 0 | 19.21 | — | — | 0.60 | 19.26 |
| 1 | 19.24 | 19.24 | 0.00 | 0.46 | 19.27 |
| 2 | 19.25 | 19.25 | 0.00 | 0.55 | 19.27 |
| 3 | 19.18 | 19.16 | − 0.02 | 0.15 | 19.07 |
| 4 | 19.27 | 19.15 | − 0.12 | 0.81 | 19.20 |
| 5 | 19.25 | 19.20 | − 0.05 | 0.53 | 19.27 |
| 6 | 19.24 | 19.25 | + 0.01 | 0.38 | 19.30 |
| 7 | 19.26 | 19.28 | + 0.02 | 0.31 | 19.31 |
| 8 | 19.31 | 19.30 | − 0.01 | 0.21 | 19.32 |
| 9 | 19.29 | 19.31 | + 0.02 | 0.21 | 19.32 |
| 10 | 19.31 | 19.31 | 0.00 | 0.21 | 19.32 |
| 11 | 19.31 | 19.32 | + 0.01 | 0.14 | 19.33 |
| 12 | 19.25 | 19.32 | + 0.07 | 0.13 | 19.33 |
| 13 | 19.18 | 19.32 | + 0.14 | 0.24 | 19.32 |
| 14 | 18.66 | 18.97 | + 0.31 | 2.12 | 18.47 |
| 15 | 19.22 | 18.97 | − 0.25 | 0.46 | 19.29 |
| 16 | 19.01 | 19.02 | + 0.01 | 1.42 | 18.93 |
| 17 | 18.37 | 18.45 | + 0.08 | 3.07 | 17.62 |
| 18 | 18.88 | 18.57 | − 0.31 | 0.82 | 19.20 |
| 19 | 19.11 | 19.00 | − 0.11 | 0.53 | 19.27 |
| 20 | 18.24 | 18.37 | + 0.13 | 3.46 | 17.21 |




第 6 図　尾鷲漁場における陸水の定常流入に対する表面塩素量の低下と上昇
(−)　(+)

知れない。この点についての吟味も今後にゆづりたい。

尚初めの塩素量が $Cl(0)$ であつたとき $q$ の大きさにつれて定まる平衡値との差即ち定常流入の際の塩素量の低下は第6図に示した通りで，陸水流入が或る程度以上にならないと低下は起らない，流入量が小さいときは反つて上昇することになる。

## あ と が き

以上は方法について考え方を主眼としたため，実例としては尾鷲漁場の表面塩素量のみを取扱つたが，この外表層以外の各層へ，更に他の地点にも同様の方法を適用することが出来，夫々の地点水層に応じた特性値を求めることによつて，この地点を含む海湾での陸水の拡散混合の模様を解明することが可能のようである。然し乍ら上記の方法は純粋理論の解ではなく，むしろ実験式として求めたものであつて，理論的な解を求めることの足場ともなりうるし，沿岸や海湾などで複雑なこの種の問題の解決には一つの方法として有力なものであることを知り得た。電源開発のためのダム人工放水による陸水流入量増加に対する海況変動予察や水質汚濁の工場排水分散についても利用され得ると信ずる。

稿を了るに際しこの研究に終始有益な助言を与えて下さつた東海区水産研究所長源生一太郎氏並に熱心な討論を与えられた東京水産大学教授宇田道隆博士，同大学助教授斉藤泰一博士，東海区水産研究所平野敏行氏に，又貴重な観測資料など提供された三重水産試験場尾鷲分場長高芝一男氏並に同関係諸氏に対して深謝する。

## 文　　献

1) 尾鷲湾放水影響調査報告：昭和 33 年 10 月尾鷲湾放水影響調査団
2) 尾鷲湾ダム放水影響調査研究論文集，1960，同上調査団

# On the Fall of Chlorinity of Sea-Water due to the Flowing of Land-Water

Nobuo WATANABE

## Synopsis

It has been well-known that the chlorinity of sea-water becomes lower when the land-water flows into an area or a bay. In order to estimate quantitatively the chlorinity fall due to the flowing, the author tried to simplify the equation of continuity as follows:

$$\frac{dCl}{dt}=a(Cl'-Cl)-F(q)Cl \qquad (\mathrm{I}),$$

where $Cl$ indicates the chlorinity of sea-water at the place where the land-water flows into, $Cl'$ is the one at the place far away from the influence of land-water, and $a$ is the characteristic coefficient of diffusion. $F(q)$ is the function of advective influence with flowing land-water $q$, for it would be indicated as the function of inflow from land. Then he tried to get the numerical value of $a$ and the mathematical formula of $F(q)$ in relation with a practical case — the chlorinity change during a period from January to April, 1959 at a station in the Owasi fishing ground, Mie Prefecture in Japan. Then he obtained the following values for them:

$$a=0.21\,;\ F(q)=kq^n\,;\ k=2.5\times10^{-3},\ n=1.777 \qquad (\mathrm{II}).$$

And then it has been ascertained that the equation (I) and the numerical values of (II) well indicate the change of chlorinity of Owasi fishing ground (Fig. 1). Therefore, it may be possible to estimate the change of chlorinity of sea-water, if we can get the inflow of land-water.

If we use the same method of analysis for other places in an area of sea, it might be possible to know the change of chlorinity in these places for any quantity of inflow from land, and moreover we might be able to predict the fall of chlorinity of sea-water before the freshwater-drainage increases on account of the hydraulic generation of electricity etc.

# 水質汚濁の生物学的判定法の研究　II
## ウニ類および斧足類の卵発生期を利用する生物試験法について*

大久保勝夫・大久保孝子

### 1. 緒　　言

工場廃水等が海水域または汽水域に流入する場合，その生物に対する有害度は，通常，海産生物を用いる生物試験により判定されなければならない。しかし生物試験に用い得る生物には，取扱い上種々の制約があつて，適当な種類の材料を必要量だけ入手することは，海の場合には特に困難が多い。

前報[1]で述べた brine shrimp の nauplius は，飼育管理が容易で，周年入手し使用出来る長所を持つているが，鋭敏性にやや欠けるところがあり，なお改善の余地があつた。

本報では鋭敏性に重点をおき，簡便かつ確実な生物試験法の開発を目的として，ウニ類および斧足類の卵発生期を利用する試験法の検討を行つた。

本文に入るに先立ち，材料採集その他に御協力を頂いた東京都水産試験場伊藤技師，塩屋技師，茨城県水産試験場藤本技師，江の島水族館福井洸一氏および東大油壺臨海実験所富永教授ほか所員の方々に厚く御礼申上げる。

### 2. 実 験 材 料

実験生物としては，バフンウニ *Hemicentrotus pulcherrimus* とムラサキウニ *Anthocidaris crassispina* およびマガキ *Crassostrea gigas* とムラサキイガイ *Mytilus edulis* を使用した。

バフンウニは，1960 年 2 月～3 月に，神奈川県江の島および茨城県那珂湊海岸で採集し，直ちに実験室に持ち帰つて実験に使用した。

ムラサキウニは，1959 年 7 月および 1960 年 7 月～8 月に，神奈川県油壺の東大臨海実験所地先にて採集し，その場で実験に使用した。

マガキは，1960 年 8 月，油壺にてムラサキウニと一緒に採集し使用した。

ムラサキイガイは，1960 年 1 月～3 月および 1961 年 1 月～ 3 月，東京都大森地先の杭に付着していたものを採集し，実験室に持ち帰つて使用した。

汚濁物質としては，測定値を相互に比較検討する必要上，二三の廃水の他はすべて化学薬品を使用した。

この他に，比較試験のため次の材料を使用した。

brine shrimp *Artemia salina*：市販の乾燥卵を 25°C の海水中で孵化させたのち，24 時間経過した nauplius.

アカテガニ *Sesarma haematocheir*：油壺の東大臨海実験所周辺の海岸で採集し，抱卵雌を海水中に入れて zoea を孵化させ，それを実験に使用した。

シロスジフジツボ *Balanus amphitrite albicostatus* 成体：東大臨海実験所実験用筏にて採集。1 個体ずつ注意して取りはずして使用した。

シロスジフジツボ nauplius：前述の親から産出されるのを待つて使用した。

ゴンズイ *Plotosus anguillaris* およびアミメハギ *Rudarius ercodes*：東大臨海実験所地先の藻場にて曳網により採捕し，一晩流水中にて順化させたもの。

* 1961 年 9 月 29 日受理，東海区水産研究所業績A第 159 号

## 3. 実　験　法

ウニ類は人工受精・発生が手軽に出来る上に，我国沿岸では，ほぼ周年にわたつて，どの種かが産卵期にあり採集も容易である。

また，斧足類のなかでは，マガキ，ムラサキイガイなど，人工受精・発生の容易なものがいくつかある。

一般に受精卵の初期発生期には，環境条件の変化に極めて敏感に支配される時期があるので，発生実験の際に使用する海水には，特別の注意を払わねばならない。換言すれば，水質のわずかの悪変によつても致命的な障害をうけ易いということである。したがつて，上に挙げたような生物のこの時期を，逆に廃水の有害度判定に利用することも可能であろう。

### 3.1. ウニ類卵の場合

成熟した親ウニを清水で洗つたのち，殻を割つて生殖巣を摘出する。卵巣から得られた卵は，海水で数回洗い，体液などを分離する。精子は，受精させる直前に精巣から採つて海水と混合し，その適当量を使用する。受精は小型ガラス水槽の中で行なわせる。以上の操作は，椙山[2]の記述する発生実験の常法に従つた。

汚濁物質は，濃度が順次 $\frac{1}{\sqrt{10}}$ 倍* になるように海水で稀釈し，15 ml ずつを径 4.5 cm の小型シャーレに入れて試水系列を作つた。

本実験では，受精したウニ卵が 8～16 細胞期になるまで待ち**，その海水懸濁液を，前述の試水系列に 1 滴（約 50 個体位を含む）ずつ加えて，一定時間発生を続けさせたのち，適当な時期に対照と比較した。

ウニの受精卵は，細胞分裂を重ね，一定時間後には特徴的な形をもつ pluteus 幼生に達する。水温 12°C の正常海水中では，バフンウニは 3 時間で 8 細胞期になり，10 時間経過すると blastula となつて浮上し，gastrula 期を経て 72 時間後には初期 pluteus まで成長する。水温が 16°C 以上ならば，48 時間前後でもこの stage に達するようである。(Plate I, 1～9)

ムラサキウニでは，水温 27°C 前後で 2 時間後に 8～16 細胞期となり，バフンウニと同様の過程を経て，24 時間後には初期 pluteus になる。(Plate I, 10～11)

このように，最初球形の卵が，円錐形の pluteus にまで達する第一段の変態は，比較的短時間に行なわれるので，その時間的な形態の差は極めて大きい。したがつて，この期間に有害廃水等に曝された場合，わずかの阻害作用であつても，対照との形態の差として拡大され判定出来ることになる。

この形態の差は，単なる発生速度の低下に起因す場合と，病的な変形によつて起る場合とが考えられるが，測定に当つては，それが何れであるかを確かめる必要はなく，対照と差異が認められた場合には，発生が阻害されたとみなせばよい。

適当な測定時期を決めるため，前述の方法によりバフンウニ卵に対する NaCN, $HgCl_2$ およびピクリン酸の影響を 5 日間観察した。その結果を第 1 表に示したが，3 日目に対照との差が認められない濃度区では，5 日目になつても形態的には正常であつた。長時間経過することによる条件の悪化を考えれば，出来るだけ短時間に測定する方がよいので，影響の有無は対照が pluteus に達したのちのなるべく早い時期，この場合では 3 日目の観察結果で判定した方がよいと思われる。

したがつて，測定は対照が pluteus に達する時期（即ちバフンウニでは 72 時間後，ムラサキウニでは 24 時間後）に顕微鏡下で観察して，各シャーレ内の発生進行状況を対照のそれと比較し，影響の全く認められない濃度区を判定するように定めた。

本実験で採用した試水の濃度間隔では，各シャーレ内の発生の stage は，少数の未受精個体を除き殆んど一様に揃つているから，影響の有無の区別は容易に出来る。

---

* 試料の稀釈間隔の幅によつて，測定値は当然左右される。予備的な検討の結果では，測定値のばらつきに対する考慮と，操作の簡略化および実用上の見地から $\frac{1}{\sqrt{10}}$ 倍ずつにとるのが適当と考えられる。

** 受精後直ちに使用しないのは，正常な受精・発生の進行を一応確認するためである。

**第 1 表** 薬品により阻害されたバフンウニ卵発生過程の 5 日間の観察結果*

| | | 2 日 目 | 3 日 目 | 5 日 目 |
|---|---|---|---|---|
| NaCN | CN ppm 0.32 | blastula stage で活潑に運動 | gastrula への移行期 よく泳ぐ | やや寸ずまりの pluteus 角が不揃い |
| | 0.1 | 早いものは対照と同形おそいものは blastula でよく泳ぐ | pluteus であるが角が短かい | 対照と同じ |
| | 0.032 | 対照と同じ | 対照と同じ | 対照と同じ |
| $HgCl_2$ | Hg ppm 0.1 | 各割球がバラバラに分離して死 | — | — |
| | 0.032 | morula stage で死 | — | — |
| | 0.01 | 対照と同じ | 対照と同じ | 対照と同じ |
| ピクリン酸 | ppm 32 | 対照よりもわずかに遅れた stage | 対照よりもやや遅れ角の短かい pluteus | 変形して寸ずまりの pluteus |
| | 10 | 対照と同じ | 対照と殆んど同じ | 対照と殆んど同じだがわずかに寸ずまり |
| | 3.2 | 対照と同じ | 対照と同じ | 対照と同じ |
| 対 照 | | gastrula | pluteus | pluteus |

* 水温 15°C における結果

### 3.2. 斧足類卵の場合

同様な方法が，ムラサキイガイとマガキの卵を使用しても可能である。ムラサキイガイは温度刺戟により，マガキは生殖巣からピペットで直接吸取つて卵および精子を得る。

測定は対照がD型幼生になつた時に行なう。ムラサキイガイならば 15°C 前後で 48 時間後，マガキならば 27°C で 24 時間後に測定出来る。ウニ卵に較べ小型であることと，D型幼生の運動が活潑であることから，顕微鏡による測定操作に多少の習練を必要とする。

### 3.3. 比較試験に用いた方法

**brine shrimp 24 時間 TLm**

前報[1] に示した方法によつて，前報の資料に不足な項目を追加測定した。

**アカテガニ zoea 24 時間 TLm**

多賀[3] の方法に準じ，100 m*l* の三角フラスコを使い，試水各 100 m*l* に約 30 個体を入れて測定した。

**シロスジフジツボの成体に対する影響濃度**

蔓脚の運動を停止して殻を閉じる点を目安とし，影響濃度を測定した。径 4.5 cm のシャーレに試水約 20 m*l* を入れ，フジツボ 2 個体を入れて観察したが，蔓脚の運動は，1 時間後の状況と 18 時間後の状況では大差がなく，また個体によつては試験中に無数の nauplius を産出して，水質を悪化させる場合があるので，測定は 1 時間後の結果にもとづいて行なつた。

**シロスジフジツボ nauplius 幼生に対する影響濃度**

径 4.5 cm のシャーレを使い，試水 15 m*l* に生れた直後のフジツボ nauplius を約 50 個体ずつ入れ，游泳力を失つて沈下する濃度を，試水にセットしてから 1 時間後に測定した。この場合も 1 時間後の反応濃度は，18 時間後の生死限界濃度におおよそ一致した。

## 4. 結果および考察

### 4.1. 測定の明確度

Plate II にムラサキウニの場合の観察例を示した。これらの例では，各個体は一般に限界濃度付近で

運動力を失わず，いずれも活潑に游泳しているが，形態上から明らかに阻害作用の有無が判定出来る。また影響濃度区と非影響区との形態の差は，図の如く極めて明確であるから，判別は容易で個人差の生ずる余地も少い。

### 4.2. 試験法の周年性

第2表には，実験法のところに述べた方法によつて測定されたムラサキウニ，バフンウニ，ムラサキイガイおよびマガキの卵発生に対する影響濃度を示した。

**第 2 表** 各種薬品類のムラサキウニ，ムラサキイガイ等の卵発生に対する影響濃度

**Table 2.** Concentration of some chemicals affective or not affective on the embryonic development of the test organisms

| | ムラサキウニ (27°C) *Anthocidaris* | | バフンウニ (11～16°C) *Hemicentrotus* | | ムラサキイガイ (13～17°C) *Mytilus* | | マガキ (27°C) *Crassostrea* | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 影響あり affected | 影響なし not affected | 影響あり affected | 影響なし not affected | 影響あり affected | 影響なし not affected | 影響あり affected | 影響なし not affected |
| 硫酸銅* $CuSO_4$ (Cu ppm) | 0.1 | 0.032 | 0.032 | 0.01 | 0.1 | 0.032 | 0.1 | 0 032 |
| 醋酸銅 $CH_3COOCu$ (Cu ppm) | 0.1 | 0.032 | 0.032 | 0.01 | 0.01 | 0.0032 | | |
| 昇汞* $HgCl_2$ (Hg ppm) | 0.032 | 0.01 | 0.032 | 0.01 | 0.032 | 0.01 | 0.032 | 0.01 |
| 塩化第二鉄* $FeCl_3$ (Fe ppm) | 10 | 3.2 | | | 32 | 10 | | |
| 塩化マンガン* $MnCl_2$ (Mn ppm) | 32 | 10 | | | 32 | 10 | | |
| 硫酸亜鉛* $ZnSO_4$ (Zn ppm) | 0.32 | 0.1 | | | 1.0 | 0.32 | 3.2 | 1.0 |
| 硫酸クロム $Cr_2(SO_4)_3$ (Cr ppm) | 10 | 3.2 | 1.0＜ | | 10 | 3.2 | | |
| シアン化ソーダ* NaCN (CN ppm) | 0.1 | 0.032 | 0.1 | 0.032 | 0.1 | 0.032 | 0.1 | 0.032 |
| クロム酸カリ $K_2CrO_4$ ($CrO_4$ ppm) | 10 | 3.2 | 10 | 3.2 | 10 | 3.2 | 10 | 3.2 |
| 塩化アンモニウム* $NH_4Cl$ ($NH_4$ ppm) | 10 | 3.2 | 10 | 3.2 | 32 | 10 | 32 | 10 |
| 醋酸アンモニウム $CH_3COONH_4$ ($NH_4$ ppm) | 10 | 3.2 | | | 32 | 10 | 3.2 | 1.0 |
| ヨード $I_2$ (ppm) | | | 3.2 | 1.0 | | | | |
| 亜硫酸ソーダ $No_2SO_3$ (ppm) | 3200 | 1000 | 32 | 10 | 3200＜ | | 3200 | 1000 |
| クロム明礬* chrome alum (ppm) | 100 | 32 | | | 100 | 32 | 320 | 100 |
| ピクリン酸 picric acid (ppm) | 100 | 32 | 32 | 10 | 320 | 100 | 32 | 10 |
| タンニン酸* tannic acid (ppm) | | | 10 | 3.2 | 10 | 3.2 | | |
| フエノール phenol (ppm) | | | | | 100 | 32 | | |
| パラチオン Paration (ppm) | | | 1.0 | 0.32 | 1.0 | 0.32 | | |
| ウラニン Uranine (ppm) | | | 32 | 10 | 3.2 | 1.0 | | |
| ローダミン B Rodamin B (ppm) | | | 32 | 10 | 10 | 3.2 | | |
| アルコール alcohol (vol %) | 1.0 | 0.32 | | | 3.2 | 1.0 | | |
| アセトン acetone (vol %) | 1.0 | 0.32 | 3.2 | 1.0 | 3.2 | 1.0 | | |
| クロロフオルム飽和水(20°C) chloroform saturate water (vol %) | | | 10 | 3.2 | 10 | 3.2 | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SCP 木釜廃液 semi chemical pulp waste liquer (COD ppm) | 13 | 4 | 13 | 4 | 13 | 4 | 13 | 4 |
| 未処理ガス液 crude gas liquer (COD pmm) | 10 | 3.2 | | | | | 3.2 | 1.0 |

* これらの濃度において，発生の阻害が pH に起因すると思われるのは，クロム明礬だけであつた。
Effect of pH change can be ignored except for the case of chrome alum.

この表からみると，試験生物として用いた4種とも同一有害物質に対する反応度が殆んど同程度であることは興味深い。

これらのウニやイガイ等の卵は，体外受精を行ない，外側に特別の保護構造らしいものを持たないことや，pluteus あるいはD型幼生など第一段の発生を終了するまでの経過が似ていることなど，いろいろ共通点をもつている。このことが，これらの反応値を等しくしている理由と考えられる。

幾種類かの試験生物の反応度が同程度であれば，それらを一まとめにして，一種類の生物のように扱うことが出来るから，これら，夏または冬に産卵期を有する種のみでなく，春秋の候に産卵して，しかも人工的に受精発生をさせることの可能な種を追加し，それらを組合せれば，周年をカバーし得る生物試験法の設定が可能と考えられる。

ウニ類にも斧足類にも，この目的に利用可能と思われる種が見出される。それらの中にはアカウニ，アサリ，シオフキ，バカガイなどが含まれる。

1961 年 5 月上旬，シオフキ卵について予備的実験を行なつたところ，ほぼムラサキイガイと同程度の測定結果が得られて，この予想が一部裏付けられた。

### 4.3. 鋭　敏　性

第2表の測定結果は極めて低い値であると考えられるが，従来の報告には，直接この結果と比較出来るものが見当らないので，同一の薬品類について brine shrimp, アカテガニおよびシロスジフジツボの成体と nauplius を用い，実験法の項に述べた方法によつて比較試験を行つた。

**第 3 表**　各種薬品類に対する各生物の反応値（I）

**Table 3.** Comparable limits of chemical concentrations for several test organisms (I)

| | brine shrimp *Artemia* | アカテガニ (zoea) *Sesarma* | シロスジフジツボ (adult) *Balanus* | シロスジフジツボ (nauplius) *Balanus* |
|---|---|---|---|---|
| | 24 hrs TLm (20° C) | 24 hrs TLm (27° C) | 影響のない濃度* not affected (27° C) | 影響のない濃度* not affected (27° C) |
| 硫酸銅 $CuSO_4$ (Cu ppm) | 0.68～1.04 | 5.2 | 3.2 | 3.2 |
| 醋酸銅 $CH_3COOCu$ (Cu ppm) | 2.5 | 6.0 | | |
| 昇汞 $HgCl_2$ (Hg ppm) | 21～50 | 0.06 | 0.32 | 0.1 |
| 塩化第二鉄 $FeCl_3$ (Fe ppm) | 34～62 | | | |
| 塩化マンガン $MnCl_2$ (Mn ppm) | 1570～2880 | 500 | 100 | 100 |
| 硫酸亜鉛 $ZnSO_4$ (Zn ppm) | 160～275 | 6.2 | 32 | 3.2 |
| 硫酸クロム $Cr_2(SO_4)_3$ (Cr ppm) | 40 | 56 | 3.2 | |
| シアン化ソーダ $NaCN$ (CN ppm) | 0.8～1.2 | 1.8 | 3.2 | 3.2 |
| クロム酸カリ $K_2CrO_4$ ($CrO_4$ ppm) | 70 | 200 | | |

| | brine shrimp *Artemia* | アカテガニ (zoea) *Sesarma* | シロスジフジツボ (adult) *Balanus* | シロスジフジツボ (nauplius) *Balanus* |
|---|---|---|---|---|
| | 24 hrs TLm (20° C) | 24 hrs TLm (27° C) | 影響のない濃度* not affected (27° C) | 影響のない濃度* not affected (27° C) |
| 塩化アンモニウム $NH_4Cl$ ($NH_4$ ppm) | 400～700 | 180 | 320 | 320 |
| 酢酸アンモニウム $CH_3COONH_4$ ($NH_4$ ppm) | 700 | 140 | 32 | 100 |
| ヨード $I_2$ (ppm) | 2.3 | | | |
| 亜硫酸ソーダ $Na_2SO_3$ (ppm) | 140～240 | 1000 | 320 | 1000 |
| クロム明礬 chrome alum (ppm) | 140～220 | 180 | | |
| ピクリン酸 picric acid (ppm) | 12～64 | 160 | 32 | 100 |
| タンニン酸 tannic acid (ppm) | 500 | 360 | | |
| フェノール phenol (ppm) | 200～300 | | | |
| パラチオン Paration (ppm) | 3.6 | 0.0037 | | |
| ウラニン Uranine (ppm) | 100～300 | | | |
| ローダミン B Rodamin B (ppm) | 180 | | | |
| アルコール alcohol (vol %) | 2.4 | 3.7 | 1.0 | 3.2 |
| アセトン acetone (vol %) | 1.3～1.9 | 4.5 | 10< | |
| クロロフォルム飽和水 (20° C) chloroform saturate water (vol %) | 5.8～10 | 6.0 | | |
| SCP 木釜廃液 semi chemical pulp waste liquer (COD ppm) | 2000 | 220 | 400 | 130 |
| 未処理ガス液 crude gas liquer (COD ppm) | 45 | 56 | 32 | 32 |

* この 3.2 倍の濃度では影響がある。
The organisms were affected by concentration 3.2 times as high.

第3表はその結果である。この表の値を第2表と比較すると，卵発生阻害を目安とする測定法は，極めて鋭敏であることが判る。即ち，これによる測定値は，brine shrimp およびアカテガニ zoea の TLmの約 $\frac{1}{100}$ で，シロスジフジツボ nauplius に較べてもおよそ $\frac{1}{10}$ の値である。このことは，測定操作の簡便さと共に，この方法が海域における急性毒物質に対する生物試験法として，極めて有利な方法であることを示すものであろう。

### 4.4. 安全濃度との関係

本報に述べた方法では，有害水に卵発生の最初の段階を継続的に曝すことによつて測定された。この時期は，その動物の生活史を通じて，環境からの影響をもつともうけ易い時期と考えられるが，一方今井等[4]はその次の段階，即ちムラサキイガイのD型幼生に達してのちの stage を生物試験に試用しているので，その方法に準じ，ムラサキウニの pluteus（受精後 24 時間）およびマガキのD型幼生（受精後 24 時間）について運動力を喪失し沈下する点を測定し，卵発生期を利用する方法と次の stage を利用する方法との比較を試みた。（第4表）

その結果では，ムラサキウニにおいて，卵発生期の方が pluteus よりも，幾分低い濃度で影響をうけ易いようであるが，概観すれば両種とも両 stage の感度はほぼ同程度とみてよいであろう。ただ測定に当つ

ては，卵発生による方が判定が容易なように思われるから，試験の目的や条件によつて使い分けるべきものであろう。

**第 4 表** 各種薬品類に対する各生物の反応値（II）

**Table 4.** Comparable limits of chemical concentrations for several test organisms (II)

| | ムラサキウニ *Anthocidaris* | | マ ガ キ *Crassostrea* | | ゴンズイ** *Plotosus* | アミメハギ*** *Rudarius* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 卵発生 egg development | pluteus | 卵発生 egg development | D 型幼生 D-larvae | | |
| | 影響のない濃度* not affected | 影響のない濃度* not affected | 影響のない濃度* not affected | 影響のない濃度* not affected | 24 hrs TLm | 24 hrs TLm |
| $CuSO_4$ (Cu ppm) | 0.032 | 0.32 | 0.032 | 0.01 | | 0.1 |
| $HgCl_2$ (Hg ppm) | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0.04 |
| $MnCl_2$ (Mn ppm) | 10 | 100 | | 320 | | 6 |
| $ZnSO_4$ (Zn ppm) | 0.032 | 0.032 | 1.0 | 0.32 | | 20 |
| NaCN (CN ppm) | 0.032 | 1.0 | 0.032 | 0.032 | 0.2 | 0.2 |
| $NH_4Cl$ ($NH_4$ ppm) | 3.2 | 10 | 10 | 3.2 | 60 | |

* この 3.2 倍の濃度では影響がある。
The organisms were affected by concentration 3.2 times as high.

** B.L. 55 mm ⎫ 試水 4 *l* に 5 尾ずつ使用
*** B.L. 60 mm ⎭ 5 individuals were reared in vessels each holding 4 *l* of sea water.

第 4 表には，1961 年 8 月油壺にて測定したゴンズイおよびアミメハギの 24 時間 TLm も同時に示してある。これらと比較すると，ウニ，カキ等の卵発生に対して影響のない濃度は，ゴンズイおよびアミメハギの TLm の約 1/10 位に相当している。現在，急性毒物質の魚介類に対する安全濃度推定には，当該生物の“48 時間 TLm×0.1”が妥当であるとされ[5] 一般に使われている。従つて急性毒については，ウニ類，斧足類の卵発生に対する形態上悪影響のない濃度を，沿岸性海水魚等に対する安全濃度の近似値とみなして差支えないように思われる。

## 摘　　要

ウニ類，斧足類の人工受精可能な種を使つて，その初期卵発生期を，汚濁水の有害度測定のための生物試験に応用する方法を検討した。

1) 有害水による卵発生への影響の有無は，形態の差として明瞭に判定出来る。

2) 試験された 4 種とも，感度は殆んど等しい。夏または冬期に利用出来るこれらの種の他に，春秋の候に産卵する近縁の若干種を加えると，周年をカバーする生物試験法の設定が可能である。

3) 若干の他の海産動物幼生に対する測定値と比較して，本測定法は，かなり鋭敏である。

4) ウニ類および斧足類の卵発生に対して悪影響のない濃度は，沿岸性海水魚等に対する安全濃度と同程度と考えられる。

## 文　献

1) 大久保勝夫：水質汚濁の生物学的判定法の研究（I），東海水研報告，**18**, 31 (1957).
2) 椙山正雄：“受精より発生へ”河出書房，東京，(1949).
3) 多賀信夫：水産生物に及ぼすパルプ廃液の有害性に関する研究，水産増殖資料第 17 号 (1959).
4) 今井丈夫・富夫昭：水質汚濁検定にムラサキイガイD型幼虫を用いる方法，日水会東北支部昭和 26 年度大会講演 (1951).
5) Aquatic Life Advisory Comittee of the Ohio River Valley Water Sanitation Commission: Sewage and Industrial Wastes, **27**, 3, (1955).

# Study on the Bio-assay Method for the Evaluation of Water Pollution—II
# Use of the Fertilized Eggs of Sea Urchins and Bivalves

Katsuwo Okubo and Takako Okubo

### Synopsis

In order to evaluate the toxicity of pollutants encountered in water pollution of coastal area, a method of bio-assay has been developed by using artificially fertilized eggs of sea urchins and bivalves as test organisms. In the present report the procedures of bio-assay with fertilized eggs of the test organisms are described and the results obtained for various pollutants are compared with those obtained by other methods of bio-assay. The method proposed in this report may be advantageous in view of the following points.

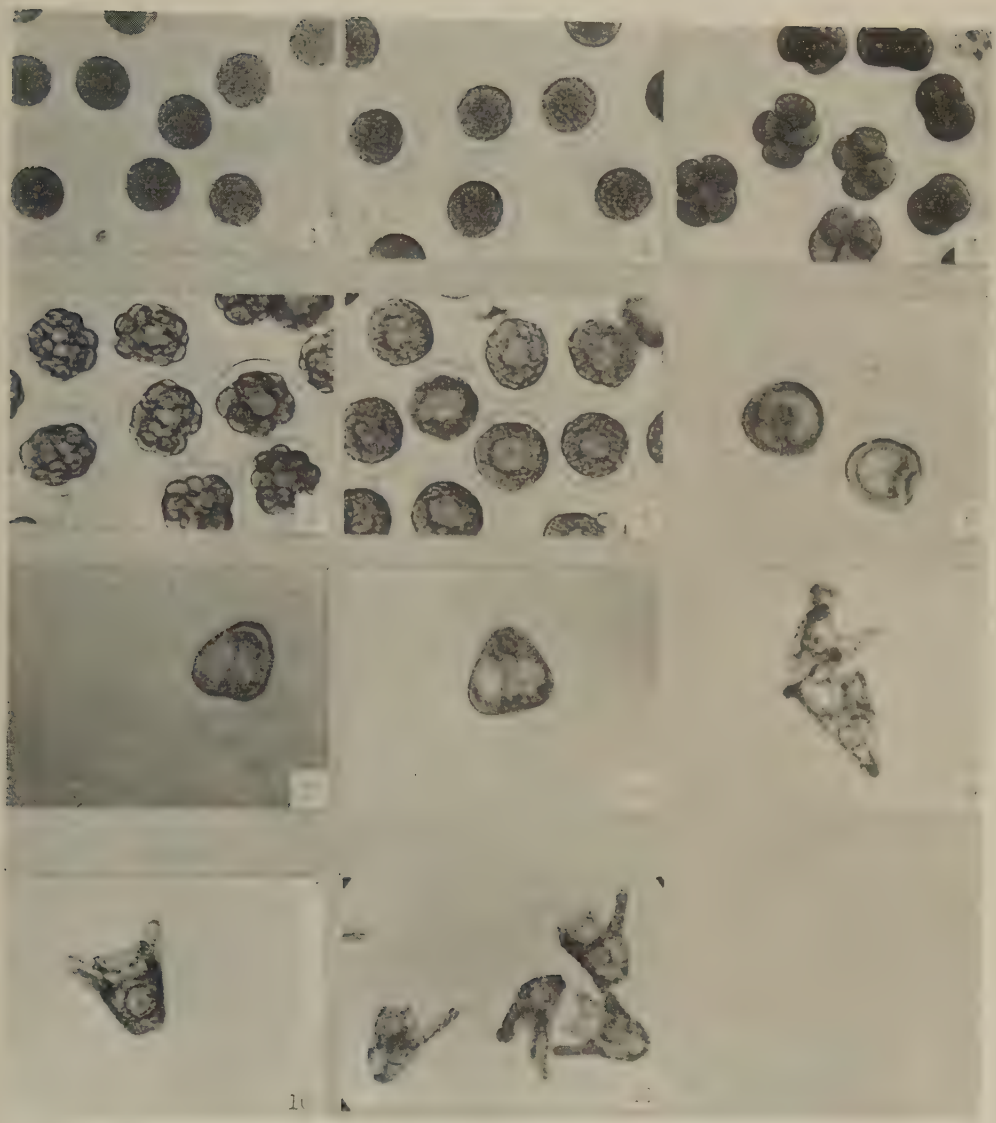
1) The effects of pollutants on the development of eggs were easily recognizable in disturbed metamorphosis (Plate II).

2) Four species tested, two species each for sea urchins and bivalves, were similar in sensitivity to pollutants (Table 2). Although the spawning season of the species under report covers only summer and winter, the above findings suggest a possibility of establishing a bio-assay method available in any season of the year if some other species that are taxonomically related with them and produce artificially fertilizable eggs are chosen as test organisms.

3) The sensitivity of the present test organisms to pollutants was much higher than that shown by the other test organisms (Tables 2 and 3).

4) The morphologically non-effective concentration of some pollutants for the embryonic development of sea urchins and bivalves may be directly equal to the safe level of the pollutant concentration for littoral fishes (Table 4).

**Plate I.**



正常海水中におけるウニ卵の発生　Embryonic development of sea urchins in normal sea water

バフンウニ *Hemicentrotus pulcherrimus* (12°C)

| | | |
|---|---|---|
| 1. | 未受精卵 | Unfertilized eggs |
| 2. | 受精後 5分 | 5 minutes after fertilization |
| 3. | 〃 2時間 | 2 hrs 〃 〃 |
| 4. | 〃 5時間 30分 | 5.5 hrs 〃 〃 |
| 5. | 〃 10時間 | 10 hrs 〃 〃 |
| 6. | 〃 24時間 | 24 hrs 〃 〃 |
| 7. | 〃 30時間 | 30 hrs 〃 〃 |
| 8. | 〃 54時間 | 54 hrs 〃 〃 |
| 9. | 〃 72時間 | 72 hrs 〃 〃 |

ムラサキウニ *Anthocidaris crassispina* (27°C)

| | | |
|---|---|---|
| 10. | 受精後 24時間 | 24 hrs after fertilization |
| 11. | 同上 | Same as above |

Plate II.

ムラサキウニ卵発生に及ぼす有害物の影響（27°C） Embryonic development of *A. crassispina* in the presence of pollutants

設　影響の認められない濃 Upper not affected

設　影響なるはた濃度（Hg Middle slightly affected not affected in Hg and CN

# 陸上で定置網の漁獲量を推定する装置について*

小 山 武 夫

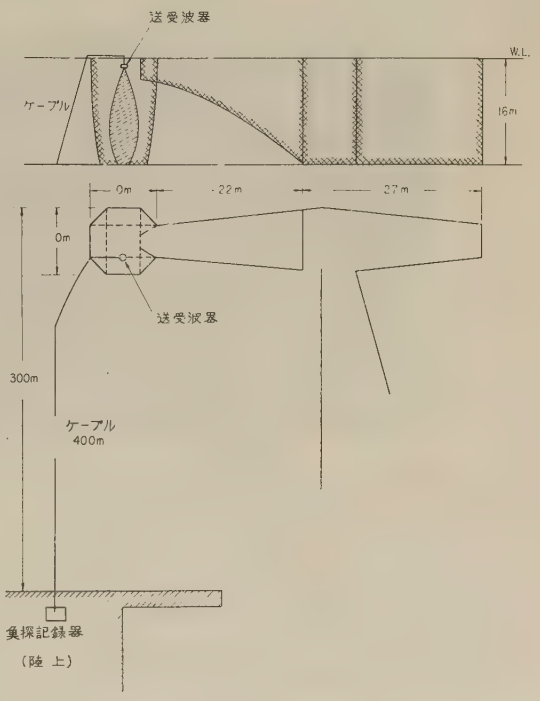
定置網の箱網部，或は二重落し網部等に入網した魚群量を陸上で探知する事が出来れば，これは定置網漁業にとつては極めて好都合である。すなわち，適切な揚網時間の選定，或いは労働力の効果的な使用等，種々の目的に役立たせる事が出来る。著者は魚探機を利用し，その送受波器を定置網の箱網部，或は二重落し網部に設置し，これを電纜によつて陸上の記録器に連結し，陸上で漁獲量を推定する装置について実験し，魚探機の記録紙上の魚群像面積と漁獲量の関係について考察を行つた。

実験は昭和 36 年 8～9 月の期間に千葉県館山における小型定置網について行なつた。

## 1. 実験装置の概要

本実験は大型定置網についての予備実験として行われたものであり，従つて，陸岸から比較的短距離（約 300 m）にある小型定置網（千葉県館山湾，鷹の島漁場，水深 16 m）を選定し，第 1 図に示す如く送受波器を箱網部に設置し，ビニール被覆コード約 400 m によつて陸上の記録器と連結した。ビニールコードは 2 心平行線（0.18 mm×50 本）を用いた。またコードの設置にあたつては波浪等によるコードの切断が考えられるので送受波器の取付部，及び海岸甫囲部等はロープによつて補強し，海岸線には竹竿を設立し，コードをそれに結着し，海岸線岩石との摩擦を防止した。

なお，コードのインピーダンスによる影響は高山，小山等[1]の実験により送受波器にチタン酸バリウムを使用する場合はコードの長さが 500 m～600 m 位迄は従来の魚探機でも計測可能な事が判明している。実験に使用した魚探機は古野電気 KK 製，F-701 型，50 kc 送受波器はチタン酸バリウム，指向角は半減半角 15 度，記録紙繰出し速度は 1 分間 15 mm である。




**第 1 図** 実験に使用した定置網及び実験装置の概要

**Fig. 1.** Schematic arrangement of the set net and the experiment apparatus under report

## 2. 実験方法

定置網の箱網部，或は二重落し網部に入網した魚群は普通，網に沿つて円運動をする事が知られている。従つて，魚探機の記録から入網した魚群量を推定する為には魚群の進行通路にあたる位置に送受波器を設置し，魚群の全部が送受波器から発振せられる超音波の有効ビーム内を通過する様にしなければならない。

本実験の場合は小型定置網である為，網も小さく，箱網の大きさも直径が約 10 m 位の円筒型（体積は約

* 1961 年 12 月 5 日受理 東海区水産研究所業績 A 第 163 号

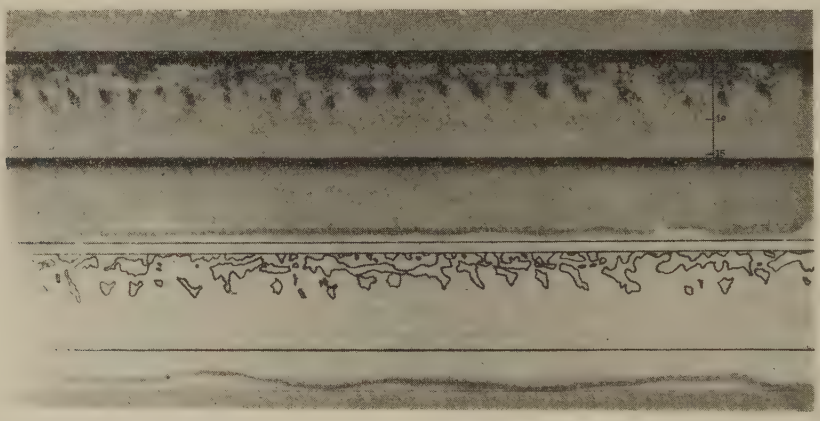
1260 m³，これは大型定置網に於ける二重落し網の大きさに相当する体積である）であるので魚群の進行通路と推定される箱網の中心点から約 2 m 離した位置に送受波器を下向きに設置した。(第 1 図)

勿論，この様な送受波器の取付方法では，すべての魚群が超音波の有効ビームの中を通過するとは限らず魚群の遊泳進路，遊泳深度などによる誤差が或る程度，含まれざるを得ない。従つて本実験の場合は箱網の中で魚群に何回かの円運動を繰かえさせ，その状態を連続的に魚探記録で採り，その一定時間内の魚群像面積の総和を考え，上記の誤差をできるだけ小さくする様にした。すなわち，魚探機の感度を常に一定に保ち，揚網前 20 分間（午前 5 時～6 時の間）の連続記録（記録紙長さ 30 cm）を採り，その魚群像面積の総和と漁獲量の関係を検討した。

## 3. 実 験 結 果

実験結果による魚群記録の一例（揚網前 20 分間の記録で記録紙長さ 30 cm）を第 2 図に示す。

記録は極めて鮮明に描かれ，本装置によつて箱網部の魚群を陸上の魚探記録器で明確に観察できる事を確認した。



**第 2 図** 記録紙長さ 30 cm における魚群記録の一例

**Fig. 2.** Profile of fish schools recorded for the length of 30 cm of echo sound paper

アジを主体とした魚種について魚探記録の魚群像面積の総和（記録紙長さ 30 cm）と漁獲量の関係を求めると第 1 表に示す如くである。

**第 1 表** 記録紙長さ 30 cm における魚群像の総面積と漁獲量の関係

| 実験月日 (1961) | 記録紙上の像の総面積 mm² | 漁獲量 kg | 魚種別漁獲量内訳 kg |
|---|---|---|---|
| 8 月 20 日 | 76 | 20 | アジ 20 |
| 26 | 1840 | 175 | アジ 160<br>カマス 15 |
| 27 | 1123 | 110 | アジ 100<br>カマス 10 |
| 28 | 1800 | 148 | アジ 110<br>カマス 16<br>サバ 22 |

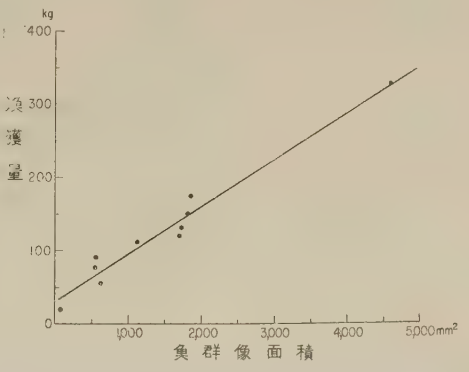
| | | | |
|---|---|---|---|
| 29 | 1710 | 121 | アジ 80<br>カマス 15<br>小カンパチ 16<br>雑魚 10 |
| 30 | 545 | 77 | アジ 40<br>カマス 3<br>小カンパチ 24<br>雑魚 10 |
| 9月18日 | 4600 | 330 | アジ 200<br>カマス 20<br>雑魚 110 |
| 20 | 1734 | 130 | アジ 80<br>小カンパチ 15<br>ソウダカツオ 15<br>雑魚 20 |
| 22 | 558 | 90 | アジ 50<br>小カンパチ 15<br>ソウダカツオ 15<br>雑魚 10 |
| 25 | 632 | 55 | アジ 20<br>カマス 15<br>小カンパチ 10<br>雑魚 10 |

なお，魚群像面積の算出にあたつては第2図に示す如く魚群像を方眼紙上に模写し，方眼紙のマス目，(1マス目は 1 mm²) の数を読んでその面積を算出した。これは記録紙繰出し速度 15 mm/min の場合のものである。

又魚群像の映像濃度の問題は魚群の密度に関係する重要な問題と思われるが，この問題を考慮に入れると取扱いが極めて複雑になり，又今回の様に箱網の体積が小さく，且つ深度が浅く，かつ特定魚種の魚群がその中を円運動すると言う特殊条件に於ては，魚群の密度はそれ程大きく変化しないものと考え，この問題については一応無視して取扱つた。

第1表より魚群像面積 (mm²) と漁獲量 (kg) の関係を図上にプロットすると第3図の如くなる。

第3図によると両者の関係はほぼ直線により表わされる。




**第3図**　記録紙長さ 30 cm における魚群像の総面積と漁獲量の関係

**Fig. 3.**　Relation between the amount of catch and total size of fish school recorded on echo sound paper (30 cm long)

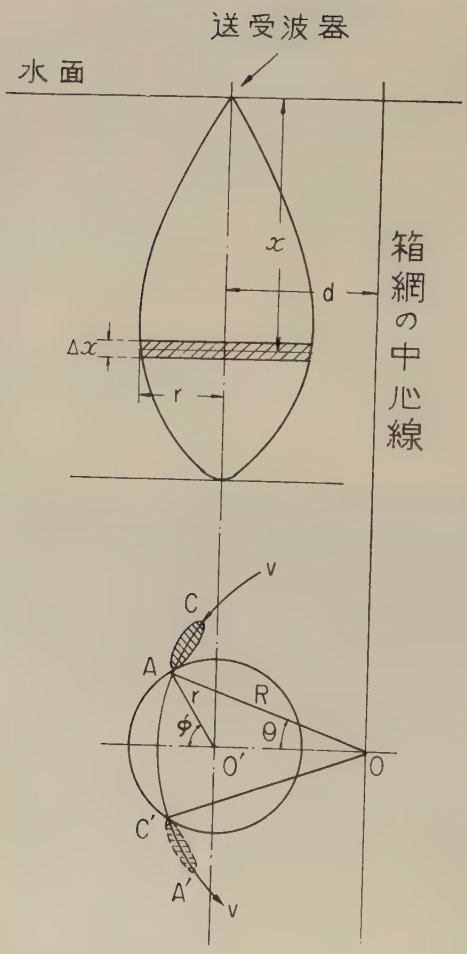
直線に対する各点の分散の度合は必ずしも良好とは言い得ないが，これは前述した如く，①魚群の映像濃度の相異による誤差，②魚群の遊泳進路による誤差，③魚群の遊泳速度による誤差，④深度の相異による魚群像面積の誤差等，多くの誤差が含まれる為で，この程度の分散はやむを得ないと思われる。

## 4. 考　　察

記録紙に反射音を像として記録し得る最小音響勢力の分布は第4図の如き閉曲線により表わされるものとする。このような閉曲面で囲まれた部分を有効ビーム圏と呼ぶことにする。魚群がこの圏内にある時は像が記録され，像の長さは魚群がこの圏内にある時間に比例する。

魚群は箱網の中心0のまわりに半径 $R$ を以つて一定の速さ $v$ で円運動をなすものと仮定する。

ある深さ $x$ においての有効ビーム圏の半径を $r$ とすると，魚群の先頭が A に達した時に記録が始まり




**第 4 図** 超音波の有効ビーム圏内を通過する魚群

**Fig. 4.** Fish schools passing through an effective beam of supersonic wave

後尾が C′ に達した時に記録が終り，魚群の長さを $l$ とすると像の記録される間の時間 $\tau$ は

$$\tau=\frac{l+2R\theta}{v}$$

により表わされる。記録紙の紙送りの速さを $u$ とすると，時間 $\tau$ の間に描かれる像の長さ $s$ は

$$s=u\tau=\frac{u}{v}(l+2R\theta)$$

となる。$v$ を一定とみなして $\frac{u}{v}=\frac{1}{p}$ とおくと

$$s=\frac{1}{p}(l+2R\theta)$$

となり，これより魚群の長さ $l$ を

$$l=ps-2R\theta \tag{1}$$

と表わし得る。

網の中心線と音波の主軸との間の距離を $d$ とすると第 4 図により

$$R\sin\theta=r\sin\phi$$

$$R\cos\theta=r\cos\phi+d$$

なる関係があるから，これから

$$\cos\theta=\frac{R^2+d^2-r^2}{2Rd}$$

と求められ $\theta$ を，

$$\theta=\frac{\pi}{2}-\frac{R^2+d^2-r^2}{2Rd}-\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{3}\left(\frac{R^2+d^2-r^2}{2Rd}\right)^3-\cdots\cdots$$

と表わし得るが第3項以下は省略し得るものとすると

$$\theta=\frac{\pi}{2}-\frac{R^2+d^2-r^2}{2Rd}$$

と表わし得る。この $\theta$ を (1) 式に用い

$$l=ps-2R\left(\frac{\pi}{2}-\frac{R^2+d^2-r^2}{2Rd}\right)$$

或は

$$l=ps-R\left(\pi-\frac{R}{d}\right)-d+\frac{r^2}{d}$$

を得る。

魚群と有効ビームとが交わる深度の上限と下限との間を深度幅 $\Delta x$ の数層に等分し，深度 $x$ においての層においての魚群の幅を $B$ とし，その密度を $\rho$ とすると，この層においての魚群量 $\Delta Q$ は

$$\Delta Q=\rho Bl\Delta x=\rho B\left[ps-R\left(\pi-\frac{R}{d}\right)-d+\frac{r^2}{d}\right]\Delta x$$

と表わされる。故に記録紙上に像として現われる全魚群量 $Q$ は魚群と有効ビーム圏とが交わる全層について $\Delta Q$ を合計したものとなる。

簡単のため，$R$, $B$ および $\rho$ は一定とみなすと

$$Q=\rho B\left[p\sum s\Delta x-\left\{R\left(\pi-\frac{R}{d}\right)-d\right\}\sum\Delta x+\frac{1}{d}\sum r^2\Delta x\right]$$

となる。

記録紙上の深さの縮尺度を $q$ とすると，像の面積 $\Delta F$ は $\Delta F=\frac{1}{q}s\Delta x$ である。また魚群と有効ビーム圏と交わる層の数を $z$ とすると $\sum\Delta x=z\Delta x$ であり，網の深さを $X$ とし $z\Delta x=\beta X(\beta\leqq 1)$ と表わすと，

$$Q=\rho B\left[pq\sum\Delta F-\left\{R\left(\pi-\frac{R}{d}\right)-d\right\}\beta X+\frac{1}{d}\sum r^2\Delta x\right]$$

或は

$$Q=\rho B\left[pqF-\left\{R\left(\pi-\frac{R}{d}\right)-d\right\}\beta X+\frac{1}{d}\sum r^2\Delta x\right]$$

となる。いま $\rho Bpq=a$, $\rho B\left\{R\left(\pi-\frac{R}{d}\right)-d\right\}\beta X=b_1$ とおくと $Q=aF-b_1+\frac{\rho B}{d}\sum r^2\Delta x$

箱網の中には，なお有効ビーム圏の外にある魚群もあるであろうから，その量を $Q'$ とすると，箱網内の全魚群量 $Q_0$ は

$$\begin{aligned}Q_0&=Q+Q'\\&=aF-b_1+\frac{\rho B}{d}\sum r^2\Delta x+Q'\end{aligned}$$

$\beta$ は一定とみなし，従つて $b_1$ は定数とし，また $\sum r^2\Delta x$ も $Q'$ も一定とみなして

$$\frac{\rho B}{d}\sum r^2\Delta x=b_2\qquad\text{とおくと}$$

$$Q_0=aF-b_1+b_2+Q'$$

となる。更に $-b_1+b_2+Q'=b$　　とおくと

$$Q_0=aF+b\qquad(2)$$

となり全魚群量 $Q_0$ は像の総面積 $F$ と直線の関係になる。

$R$, $B$, $\rho$, $Q'$ 並びに魚群と有効ビーム圏との交わりにおける $r$ は時間により，また層により一定でなく

変化するが，その長時間の間の変化を平均してみるため，20 分間の記録による像の総面積 $F$ をとりまた漁獲量が箱網内の全魚群量 $Q_0$ を表わすものとみなし，漁獲量と 20 分間の像の総面積との関係をみると第3図の如く両者はほぼ直線関係にあり (2) 式がほぼ満足される。

以上の如く，箱網の大きさが 1300 $m^3$ 程度の小型定置網については魚探記録の魚群像面積から漁獲量を推定出来る事が判明したが，これを大型定置網について考えると本実験に於ける箱網の体積は大型定置網に於ては丁度，二重落し網に相当する大きさであり，従つて大型定置網に於ても二重落し網内の魚群量については本実験に於ける実験結果が或る程度適用出来るものと考えられる。しかし，大型定置網の場合は陸岸からの距離が 1500～2000 m 位と大きくなるのでコードのインピーダンスによる影響も大きくなり，記録の感度が低下する恐れがある。従つてコードの長さが 1000 m 以上になる場合はマツチングトランス又はプリアンプ等の利用を考慮すべきである。又大型定置網の箱網内での魚群量を推定する場合には箱網の大きさが本実験の場合とは比較にならぬ程，大型であるから送受波器の配置或は送受波器の指向角の適当な大きさの撰定とか 更に二，三の問題を検討しなければならない。

次に測定時刻の問題であるが，魚探機の魚群像の形状から魚種を正確に判別する事が困難な現状に於てはなるべく，漁獲に関係のない魚種，例えば，小イワシとか，小フグとか（これらの魚種は或る時間に於ては多量に入網するが時間の経過にともない網目から逃避する場合がある）の魚種が入網しない時刻を選定して測定を行うべきである。今回の実験に於ても実験途上に於て周日にわたり，魚群の測定を実施した事があつたがその結果は夕刻頃より夜半にかけて これらの魚種と思わしき魚群の入網を記録している。季節的，或は潮時によつても状態は異ると思われるが，測定にあたつては充分に注意しなければならない。

尤もこれらの小雑魚，或はクラゲ，プランクトン等は箱網内での円運動が他の魚種に比較して極めて緩慢であるから映像記録からも或る程度の判別は可能である。

## 摘　　要

小型定置網の箱網部に送受波器を設置し，ビニール被覆コード約 400 m によつて陸上の魚探記録器と連結し，陸上で定置網の漁獲量を推定する装置について実験を行い，次の如き結果を得た。

1) 陸岸から箱網迄の距離が 300～400 m 位の場合は箱網内の魚群を陸上の魚探機の記録器で明瞭に記録出来る事を確認した。(第2図)

2) 箱網の体積が 1300 $m^3$ 位の小型定置網に於ては揚網前 20 分間の魚探記録の魚群像面積と漁獲量とは直線関係にある。(第3図) これにより定置網では魚探機の送受波器を箱網内におき記録器を陸上に設置することにより入網している魚群量を推定し得ることを明らかにした。

終りにあたり，本研究に際し，種々懇篤な御指導を賜つた東海区水産研究所高山重嶺漁具漁法部長及び研究結果の取まとめに御教示を賜つた源生所長に厚く御礼申上げると共に又実験に際し，御協力を賜つた定置網所有主平塚東氏及び東京水大館山実習場小倉通男場長に厚く謝意を表する。また，実験にあたり種々有益な御助言及び御援助を賜つた水産庁漁船研究室，橋本富寿技官，間庭愛信技官，西村実技官及び東海区水産研究所，上原亥之助技官，名筋一宗技官，加藤武司技官，三次信輔技官，吉牟田長生技官，田原陽三技官の諸氏にも深く謝意を表する。

## 文　　献

1) 高山重嶺，小山武夫：中層トロールに関する研究—II ネツトゾンデの試作実験結果について，東海区水産研究所報告第 29 号昭和 36 年 1 月

# Telemetric Estimation of Set Net Catches by Fish Finder

Takeo Koyama

## Synopsis

In set net fishing, if the number of fish in the bag net can be estimated at the shore, it would be possible to save time and labour for hauling up a worthless amount of fish. With this view in mind the author devised a modified application of an ordinary fish finder to estimate the quantity of fish entrapped in a bag net by taking advantage of such a habit of fish that they usually move about in a circle along the inside of the net when entrapped in it. Experiments were carried out on the feasibility of the device with a set net in Tateyama Bay, Chiba Prefecture in late summer in 1961.

A supersonic transducer was hung on a rope stretched across the bag net at a position under which fish in the net would pass in their circular movement. The transducer was connected to a recorder set ashore at a distance of about 300 m from the bag net.

The result of the experiment and pertinent procedures may be summarized as follows.

1) To obtain clear images of fish schools on the recorder over the large impedance of the cable due to its length, 400 m, in this experiment, the author employed vibrators of barium titanate in the transducer which proved quite effective, giving a clear record as shown in Fig. 2.

2) It was reasoned analytically that the amount of fish in the bag net should have a linear relation with the total area of fish schools profiled on the recording paper. This was affirmed by the experiment as shown in Fig. 3.

# 魚類筋肉中の ATP の −2°C 附近での分解*

尾藤　方通・天野　慶之

漁獲直後の魚肉の品質変化を知るのに，筋肉中のアデノシン三燐酸（ATP）の分解を指標とするのが便利である。なぜならば，このものは，生体組織中に常に一定のレベルで保持され，その生物の死後はじめてその消滅が起るからである。

魚体の死後変化は，いろいろな角度からしらべられているが，生存時にもつとも近い状況を示す指標としては ATP の残存量によることが，一応合理的と考えられるので，凍結や氷蔵中における魚肉の品質変化を ATP 量の変化で追求している試みが多い。急速に魚体を凍結して，−25°C 以下の低温に保持することで，はじめの ATP 保有量があまり減少していない事実であるとか，あるいはコイなどをゆるやかに凍結してゆくと，その経過中に ATP の分解が進行してしまうことなどが一例である[5]。

しかしながら，緩慢に凍結すると，なぜ ATP の分解が迅いのかについては，明白な回答が与えられていない。0°C 以下ではあるが，やや高めの温度 −5°C から 0°C までのあいだには，いわゆる最大氷結晶生成帯なるものがあつて，古くから，この部分での温度領域が魚肉ばかりでなく，その他の食品の品質に悪影響をおよぼすといわれている。氷結晶の大きさが災して，細胞組織をこわすためであるという所見や，反対に細胞膜にはなんら損傷が起つていないとする偏光顕微鏡による観察などもある。

氷結晶の生成が，どのような影響を与えるかは，まだこの後多くの研究がなされる余地があろうが，同じ −2°C で，氷結晶をつくらせた条件と，それをつくらせずに置く条件とをならべてみて，前述の ATP 分解を目安に比較してみた結果から，興味ある相違を見出したので報告する。

## 実　　験

### 実　験　1.

この実験では，同一の凍結条件で，凍結中の ATP 分解に，魚種別の相違が見られるかどうかを比較した。4 種の淡水魚，8 種の海水魚を使用したが，いずれも活魚を用い，凍結直前に，頸部の運動神経部分をナイフで切断して，その他には手を触れず，全魚体のまま −18°C～−20°C に保持されているドライアイスとエタノールの混合物中に入れて凍結させた。この混合物は大型マホービンに入れておき，魚体は投入前にポリエチレン袋に密封した。

このようにして，凍結を開始し，魚体の中心部が正確に −6°C に達したときに，直ちに魚体をとり出し，5°C 前後の実験室で，魚の背肉の部分から試料をとり，Bendall 法[2]で，△7P の定量を行なつた。魚体中心部の温度測定は，熱電対によつた。

次に，同じ魚体を室温で融解し，融解後，その背肉中の △7P を測定した。室温で融解し，その中心部温度が 0°C に達するには，1 時間以上を要しない。

### 実　験　2.

凍結開始後，どの温度で ATP の分解が始まるかを見るための実験を，フナを使つておこなつた。実験 1 と同じ方法で，フナを殺し，ドライアイスとエタノールの混合物に投入し，熱電対で，温度降下を確かめながら，それぞれの温度に達したとき，試料を取り出し，冷室中で △7P の分析をおこなつた。フナは，15 cm の体長のものを揃え，ドライアイスとエタノールの混合物は −12°C から，−58°C に至る，異なる温度のものを用意した。

### 実　験　3.

この実験では，二三の無機イオンが ATP の分解におよぼす影響をしらべることを目的とする。魚はホー

* 1961 年 2 月 27 日受理　東海区水産研究所業績 A 第 147 号

ボーを用いた。肉部だけを乳鉢ですりつぶし，5 gm の砕肉に KCl, NaCl, $CaCl_2$, および $MgCl_2$ の各溶液 0.5 m*l* を加えて，肉中のこれら塩類の濃度が 0.1 モルになるようにした。混合後，一定時間ごとに，△7P の定量をおこなつたが，放置温度は 12°C と 15°C とのあいだである。0.1 モルという濃度を選んだのは，凍結温度 −2°C においては，魚肉中の水分量の半分が凍結し，未凍結部分の水の中の各イオン濃度が2倍になることを目安にした。

**実　験　4.**

この実験は，おなじ温度でありながら，しかも肉中に氷結晶の存在する場合と，存在しない場合をつくりだして，ATP 分解におよぼす氷結晶の存否の影響をしらべることを目的とした。

0°C 以下で，氷結晶を生成せぬような，最低温度はなかなか得難く，何回かの予備試験の結果 −2°C が実行可能の最低温度であることを知つた。

温度の低下と所要温度の維持とは，同一の冷却用容器では無理であるので，この両者は別々に用意した。第一のマホービンは，ドライアイス・エタノール混合物で，温度を −12°C に維持したもの，これが凍結用容器である。第二のマホービンは，食塩と氷との混合物で，温度を正確に −2°C に維持したものである。これが，所要温度維持用容器である。

魚はアジで，上述の活魚を運動神経切断で殺したもので，魚体全部を用いた。

第一のビンの中で，魚肉が −1.7°C に達するやいなや，直ちに第二のビンに移すと，その後 −2°C の容器内では未凍結状態で維持することができる。次に，おなじ第一のビンで冷却し，−1.7°C になつて 25 分後，氷結晶形成後に，アジをおなじ第2のビンに移すと，ここに，ほぼ同じ温度で氷結晶のあるものと，ないものの2種の試料が得られる。△7P の定量は，このようにして7時間貯蔵した二つの試料区についておこなつた。−2°C において未凍結の魚体は，凍結したものと，その柔軟性によつて，明らかに区別できる。

## 結　果　と　討　議

第1表に，魚種別にしらべた ATP 分解に対する凍結の影響を示す。−6°C に達するまでの時間は，魚体の大きさが相違するために，もちろん異なつているが，一般に海産魚では，ほとんどはじめの含量が維持さ

**第 1 表**　凍結中および融解後における各種魚肉中の △7P 量の変化

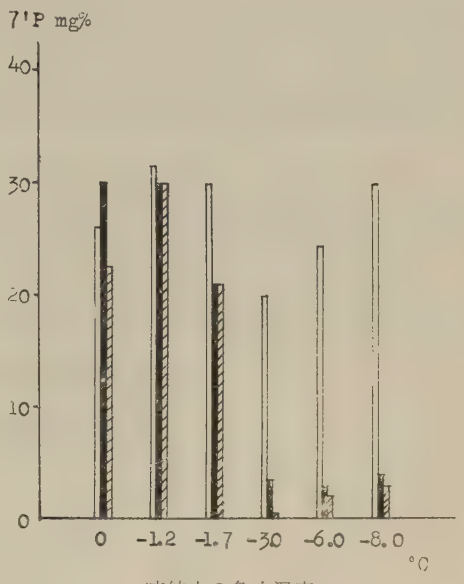
| 魚種 | 魚体中心が −6°C に達するに要した時間 | △7P mg% | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 凍結処理直前 | 魚体中心が −6°C に達した時 | 融解後 |
| フナ | 19 分 | 19.3 | 2.6 | — |
| コイ | 18 | 10.4 | 0.5 | — |
| ウグイ | 27 | 29.8 | 20.4 | — |
| ドジョウ | 21 | 29.7 | 28.2 | — |
| スルメイカ | 1 | 11.0 | 12.0 | 2.1 |
| カレイ | 11 | 26.2 | 26.1 | 3.7 |
| マアジ | 11 | 38.1 | 42.3 | 1.0 |
| シヨサイフグ | 15 | 19.8 | 21.9 | 1.6 |
| マトダイ | 19 | 35.0 | 26.1 | 1.0 |
| ウマヅラハギ | 37 | 32.4 | 32.4 | 2.1 |
| ホーボー | 9 | 38.1 | 44.9 | 1.8 |
| サバ | 120 | 53.2 | 48.0 | 13.1 |
| 馬肉 | 10 | 19.8 | 18.8 | — |

れ，分解はきわめて軽微である。サバとマトダイがやや減少している程度である。

淡水魚では，コイとフナが特異的に甚はだしい ATP 分解を示し，わずか 20 分ぐらいの短時間で，もとの量の 1/10 にまで低下した。淡水魚でも，ウグイやドジョウの場合は，あまり変化がないのが注意されるので，コイ，フナの類に特別の理由を与える必要がある。

ウマ肉をもつて陸上動物肉を代表させ比較したが，ウマでは，ふつうの海産魚と類似の変化で，大きな ATP 減少は見られない。なお，凍結融解の際には，われわれ[1]が前に報告した，解凍硬直現象がここでも，イカをのぞいたすべての魚肉に認められたことを付記しておく。以上のように，凍結中での分解は小さいことは判明したが，これを常温で 1 時間かけて融解すると，その間に大部分の ATP が分解することは，第 1 表の海産魚で得られた成績から明瞭である。

他の魚種と異り，著じるしい ATP 分解を示したコイ，フナについて，凍結中，どの温度で分解が開始するかを追跡した成績が第 1 図である。これで明白なように，分解はすでに −2°C 前後で開始されていることがわかる。



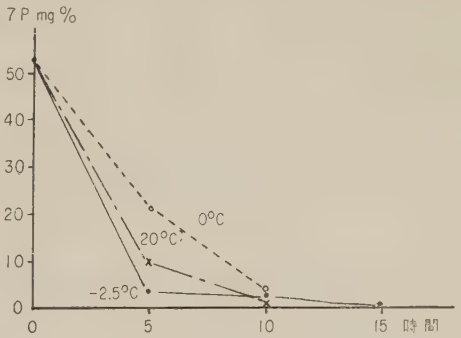

**第 1 図**　フナ筋肉中の △7P の分解開始温度
凍結開始前，新鮮肉中の △7P
それぞれの温度に達したときの △7P の残存量
凍結肉を 15°C で融解したのち，残存する △7P 量

Partmann (1955)[3]によると，0°C における ATP-ase の活性で比較すると，コイは牛肉よりは 3 倍ほど強力であるという。しかし，著者らは 10°C で 48 時間も放置したコイ肉中に，なお 8.4 mg～17.2 mg の △7P の残存していた例をみとめているので，ATP 分解は凍結そのものに依るものであるとの推定を深めたい。斎藤・日高 (1956)[4]はコイのミオシン区分の ATP-ase に関する報告において，ある種のイオンの濃度増加が ATP とミオシンとの接触の機会を多くするものであろうと述べている。

−2°C に達すると，肉中の水分の約半量が氷結晶となるため，筋肉組織中に当初から溶存している各種成分は，その濃度が倍加することになる。そこで，未凍結のホーボー肉に，Ca, Mg, Na, K の塩類を，ちょうど −2°C における濃度になるように加えて，放置中の △7P の変化を見たのが第 2 表である。1 時間で約 1/10 に低下するが，とくに Ca, Mg の影響が顕著である。

**第 2 表**　ホーボー肉に Ca, Mg, K, Na 塩を肉中 0.1 M 濃度になるよう加え，12～15°C に放置した場合の △7P 量の変化

| 放置時間 | 対　照 | $CaCl_2$ | $MgCl_2$ | KCl | NaCl |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 時間 | 32.9 | | | | |
| 1 | 21.4 | 3.1 | 3.7 | 5.7 | 4.2 |
| 2 | 9.4 | 3.1 | 3.7 | 3.7 | 4.2 |
| 3 | 0 | | | | |




**第 2 図**　アジ肉中の △7P の分解と放置温度

なお念の為に，ていねいに骨の部分を取り除いた肉部だけの Ca, Mg, Na, K の含有量を 7 種類の魚種について分析した値を第 3 表に掲げた。これからみると，淡水魚筋肉中の Ca 含量は　海産魚のそれよりも高

い。ただし，ウグイは例外である。しかし，全灰分中の Ca という比で比べると，魚種間の差別はない。ウグイは，多く河口に棲息しているが，その習性で或いは海産魚に近い Ca 含量を示しているのかとも想像される。

K が淡水魚に多いことも特色といえる。K/Na の比をとると，一層，淡水魚と海水魚との比較がハッキリする。

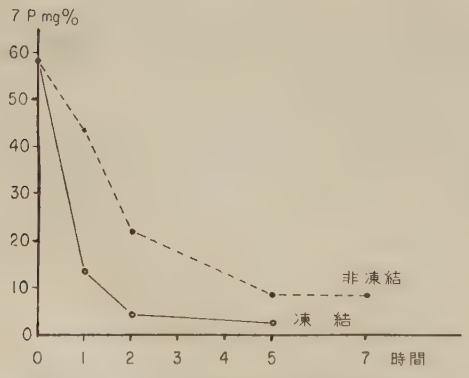
しかし，この実験で不十分なところは，ホーボー肉で，塩類濃度の影響が現われていながら，なぜおなじ肉を −6°C まで凍らせたときに，ATP 分解が起らなかつたかの説明ができないことである（第1表）。

次に，アジ肉を使つて，同一温度における氷結晶存否の影響を述べる。その前に，第2図では，アジ肉を 20°C, 0°C, −2.5°C の区にわけて保存したときの ATP 分解の模様を示したものであるが，奇異なことに，0°C における ATP が最も安定で，20°C, −2.5°C ともに分解が迅い点である。

**第 3 表** 各種魚類筋肉中の Ca, Mg, K, Na 含有量

（灰分，Ca, Mg, K, Na は乾物中の % で示す）

| 魚種 | 水分 % | 灰分 % | Ca % | Mg % | K % | Na % | Ca/灰分 | K/Na |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| フナ | 80.0 | 7.00 | 0.12 | 0.16 | 1.96 | 0.10 | 0.016 | 19.55 |
| コイ | 82.7 | 6.94 | 0.11 | 0.12 | 1.97 | 0.15 | 0.016 | 13.59 |
| ウグイ | 79.4 | 5.34 | 0.07 | 0.12 | 1.71 | 0.09 | 0.014 | 18.63 |
| ドジョウ | 78.8 | 6.13 | 0.16 | 0.13 | 1.73 | 0.21 | 0.025 | 8.32 |
| アジ | 70.6 | 4.76 | 0.07 | 0.12 | 1.10 | 0.54 | 0.014 | 2.04 |
| サバ | 70.9 | 4.47 | 0.08 | 0.10 | 1.34 | 0.14 | 0.017 | 9.28 |
| イサキ | 76.7 | 5.58 | 0.08 | 0.14 | — | 0.13 | 0.014 | — |
| 馬肉 | 74.3 | 4.28 | 0.10 | 0.08 | 0.93 | 0.32 | 0.023 | 2.93 |




**第 3 図** アジを凍結および非凍結状態で −2°C に放置した場合の △7P の分解の相違

従つて，この現象を解釈するために，少なくとも二つの説明材料が必要となる。第一は，ふつうの酵素反応を規定する温度恒数のような考え方，これは主としてプラスの温度領域におけるものと，第二は，イオンその他，組織中に溶存している物質の濃度上昇による反応促進で，これは凍結によつて導かれる条件である。しかし，このような二つ，或いはそれ以上の各種の要因が，どのような順位で重要性をもつているかは，決定のむずかしい問題である。

さて，第3図は氷結晶の存在が，確かに ATP 分解を促進しているという事実を示す実験結果である。また，漁獲直後の状況をできるだけ長く保持する目的からも，0°C 付近の氷蔵を主とする従来の冷蔵法が十分有意義なものであつて，かえつて，水氷とか海水を冷却して，その中に鮮魚を保存する方法のように，塩類の侵入のおそれがあり，時には一部凍結の起りかねないような方法が，望ましいものでないことも，この結果から推測できる。

## 摘　　要

凍結中におこる ATP の分解を，海産魚，淡水魚についてしらべ，次のような結果を得た。

1. 実験に供した魚は，イカ肉を除いて，筋肉組織中に ATP の残存している状態で凍結すると，必らず解凍硬直を示した。
2. 淡水魚でも，フナ，コイだけは −1.7°C を過ぎると，著しい ATP 分解を示す。一方，多くの海産魚は，凍結中での ATP 分解は小であると見てさしつかえない。しかし，融解中の減耗は，一率に甚はだしい。
3. K, Na, Mg, Ca のような塩類は，筋肉組織中 0.1 モル程度の濃度で，顕著に ATP 分解を促がす。この塩類添加による肉中濃度が，−2°C における半凍結状態の筋肉中の溶存塩類濃度に略匹敵するところから，凍結による ATP 分解の因子として，塩類の影響も無視できないことを想定した。
4. 氷結晶の存在が，ATP 分解に明らかに影響することが，同じ −2°C に放置した，凍結，未凍結の二試料の比較で，判明した。凍結試料により顕著な ATP 分解が起つた事実は，濃度が同じであるとすると，氷結晶形成後，筋肉組織中に生じた異変によつて説明されねばならず，すくなくともその一つの要因には，前述の塩類イオン濃度の変化も数えることができよう。

終りに臨み，本研究を行うに当り，協力された三雲泰子氏に深謝致します。

## 文　　献

1) Amano, K. *et al*: Advance proof of 9th Int. Cong. Refrig., (1955).
2) Bendall, J.R.: J. Physiol., 114, 71–78, (1951).
3) Partmann, W.: Biochem. Z. Bd., 326, 260–269, (1955).
4) 斎藤要・日高富男: 日水会誌, 21, 1082–1085, (1956).
5) 斎藤恒行・新井健一: 日水会誌, 22, 569–573, (1957).

# Significance of the Decomposition of Adenosinetriphosphate in Fish Muscle at Temperature around −2°C

Masamichi Bito and Keishi Amano

## Synopsis

It has been found that the destruction of 7'P happens in the course of freezing fish, particularly at temperature around −2°C. Since the phenomenon seems to influence the quality of fish, the extent of the 7'P destruction at these temperatures has been examined for both marine and freshwater fish.

1. Most of fishes tested, except squid, revealed thaw-rigor, if a sufficient amount of adenosinetriphosphate (ATP) remained in their tissues.
2. Breakdown of ATP at a fairly rapid rate was observed in two freshwater species, carp and crucian carp, when the tissues were passing through the point of −1.7°C. Besides, for the fish of marine origin, slight diminution in ATP was noticed under the same freezing condition.
3. When certain kinds of ions such as Ca, Mg, K, Na were separately added to fish not frozen yet at the same concentration as happens in frozen flesh kept at about −2°C, they developed reduction of ATP.
4. When a group of fish previously frozen and another not frozen yet were kept at −2°C, a remarkable difference was observed in the ATP breakdown rate. From this evidence it is inferable that freezing, or more correctly, ice crystal formation, in fish muscle under 0°C would be the most essential factor to accelerate ATP decomposition.

# Study on the Production of Fish Sauce—I

## Effect of Commercial Proteolytic Enzyme on the Production of Fish Sauce*

Shigeo Murayama[1], Dominador L. Calvez[2] and Prapart Nitayachin[3]

### I. Introduction

Fish sauce is a fermented condiment produced from fish. In various parts of Southeast Asia, it is one of the necessities of daily life just as soy sauce is in Japan. The latest observation[4] shows that consumption of fish sauce in the Philippines, Thailand and Vietnam has been markedly increasing year after year. Technical process so far employed for the production of fish sauce is rather simple and needs no more complicated treatment than adding salt to fish. However, the salted fish has to be preserved in a vessel as long as 6 to 12 months at natural temperature before it becomes ready to eat. It appears, therefore, that some agents of fermentation could be used to hasten the fermentation period without destroying the characteristic flavor inherent to the final products. The present work was designed to see possibility of use, for this purpose, of artificial proteolytic enzymes, which are commercially available in Japan. It is believed that the technique may be found useful for producing various types of fish fermentation existing in Southeast Asia as well as Japan. The junior authors who participated in all the stages of the work were sent to Japan under the Colombo Plan.

### II. Materials and experimental methods

The frozen sardine and the iced fresh horse mackerel were used as materials. Table 1-a and -b show the preparatory data and methods of these experiments. During the experimental production, the amino type nitrogen and volatile basic nitrogen contents were determined periodically, as shown in Table 2. At the end of the fermentation, each sample filtered with Toyo filter paper No. 2 and divided into two parts, liquid and residue.

---

* Received December 26, 1961, Contribution A No. 164 from the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory.

1) Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, Tokyo, Japan
2) Bureau of Fisheries, Diliman, Quezon City, Philippines
3) Department of Fisheries, Bangkok, Thailand

**Table 1-a.** Preparatory data

| Expt. series | Sample No. | Material | Added enzyme | Added salt | Temp. | Time |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1 | Sardine | Bioprase 0.2% | 30% | 45–50°C<br>37°C | 2 hrs<br>71 days |
| 〃 | 2 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃<br>〃 | 2 hrs<br>70 days |
| B | 3 | Horse mackerel | 〃 | 25% | 45–50°C<br>37°C | 2 hrs<br>67 days |
| 〃 | 4 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃<br>〃 | 2 hrs<br>68 days |
| C | 5 | 〃 | None | 〃 | 37°C | 61 days |
| 〃 | 6 | 〃 | Bioprase 0.2% | 〃 | 〃 | 〃 |
| 〃 | 7 | 〃 | Bioprase 0.4% | 〃 | 〃 | 〃 |
| D | 8 | 〃 | Bioprase 0.2% | 〃 | 〃 | 52 days |
| 〃 | 9 | 〃 | 〃 | 5%<br>20% | 〃 | 1 day<br>51 days |
| 〃 | 10 | 〃 | 〃 | 10%<br>15% | 〃 | 〃<br>〃 |
| E | 11 | 〃 | None | 25% | 〃 | 39 days |
| 〃 | 12 | 〃 | Bioprase 0.2% | 10%<br>15% | 〃 | 1 day<br>44 days |
| 〃 | 13 | 〃 | Pronase 0.2% | 10%<br>15% | 〃 | 1 day<br>46 days |
| 〃 | 14 | 〃 | 〃 | 5%<br>20% | 50°C<br>37°C | 1 day<br>50 days |

**Table 1-b.** Method of preparation

| | | |
|---|---|---|
| Sample No. | 1 | To a known weight of frozen fish 50% water was added and heated to 50°C in a water bath. Then 0.2% Bioprase SP-4 was added with constant stirring. The mixture was further heated at 45–50°C for 2 hours. After that 30% refined salt added to the digested mixture; mixed thoroughly, then the digested mixture was transferred to a glass container and incubated at 37°C for further fermentation. |
| | 2 | Same as above except that 30% refined salt was added to the raw material before the addition of Bioprase. |
| | 3 | To a known weight of ground fresh fish 25% refined salt was added and mixed thoroughly. The mixture was placed in a container and the temperature of the mixture was raised to 50°C in a water bath. Then 0.2% Bioprase SP-4 was added with constant stirring. The mixture was further heated at 45–50°C for 2 hours and transferred to a glass container, then incubated at 37°C for further fermentation. |
| | 4 | Same as above except that 30% refined salt was immediately added before the addition of Bioprase. |
| | 5 | Control—A known weight of material and 25% refined salt were mixed thoroughly in a basin, then transferred to a glass container and incubated at 37°C. The mixture was allowed to ferment. |
| | 6 | Same as above except that 25% salt, 0.2% Bioprase SP-4 were added. |
| | 7 | Same as sample No. 5 except that 0.4% Bioprase SP-4 was added. |

| | |
|---|---|
| 8 | To a known weight of material 0.2% of Bioprase SP-4 and 25% refined salt were added and mixed thoroughly. Then the mixture was transferred to a glass container and incubated at 37°C. |
| 9 | Same as above except that on the first day 5% refined salt was added and on the second day 20% salt added to the incubated mixture. |
| 10 | Same as above except that on the first day 10% refined salt was added and on the second day 15% salt was added to the incubated mixture. |
| 11 | Control—To a known weight of material 25% refined salt was added and mixed thoroughly in a basin. The mixture was transferred to a glass container and allowed to ferment at 37°C in the incubator. |
| 12 | Same as above except that 0.2% Bioprase SP-4 was added and 10% refined salt was added on the first day; 15% salt was added on the second day. |
| 13 | Same as sample No. 12 except that instead of Bioprase, Pronase-*P* was added. |
| 14 | Same as sample No. 11 except that 0.2% Pronase-*P* was added and 5% refined salt was added on the first day and then the mixture was incubated at 50°C. On the second day 20% salt was added to the mixture and incubated again at 37°C for further fermentation. |

Remarks: Bioprase SP-4 and Pronase-*P* are the commercial names of proteolytic enzymes with strength of 20,000 PUN/g and 45,000PUN/g, respectively.

**Table 2.** Amino type nitrogen and volatile basic nitrogen contents of samples during the fermentation period—mg%

| Expt. Series | Sample No. | Determination of amino type nitrogen | | | | | | | | Determination of volatile basic nitrogen | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1st | | 2nd | | 3rd | | 4th | | 1st | | 2nd | | 3rd | | 4th | |
| | | Ferment. days | Content | Ferment. days | Content | Ferment. days | Content | Ferment. days | Content | Ferment. days | Content | Ferment. days | Content | Ferment. days | Content | Ferment. days | Content |
| A | 1 | 14 | 351 | 23 | 314 | 38 | 338 | 71 | 431 | — | — | — | — | 38 | 32 | 71 | 31 |
| 〃 | 2 | 13 | 277 | 22 | 310 | 37 | 380 | 70 | 438 | — | — | — | — | 37 | 40 | 70 | 44 |
| B | 3 | 10 | 354 | 19 | 313 | 34 | 372 | 67 | 485 | — | — | 19 | 39 | 34 | 51 | 67 | 57 |
| 〃 | 4 | 11 | 275 | 20 | 280 | 35 | 341 | 68 | 581 | — | — | 20 | 47 | 35 | 52 | 68 | 62 |
| C | 5 | 12 | 237 | 20 | 322 | 30 | 351 | 61 | 462 | 12 | 37 | 20 | 54 | 30 | 53 | 61 | 70 |
| 〃 | 6 | 12 | 290 | 20 | 356 | 30 | 397 | 61 | 531 | 12 | 43 | 20 | 60 | 30 | 53 | 61 | 69 |
| 〃 | 7 | 12 | 333 | 20 | 377 | 30 | 433 | 61 | 569 | 12 | 39 | 20 | 55 | 30 | 49 | 61 | 63 |
| D | 8 | 10 | 289 | 21 | 355 | 30 | 372 | 52 | 462 | 10 | 38 | 21 | 43 | 30 | 47 | 52 | 58 |
| 〃 | 9 | 10 | 404 | 21 | 420 | 30 | 445 | 52 | 605 | 10 | 111 | 21 | 100 | 30 | 122 | 52 | 140 |
| 〃 | 10 | 10 | 367 | 21 | 412 | 30 | 403 | 52 | 577 | 10 | 41 | 21 | 48 | 30 | 52 | 52 | 55 |
| E | 11 | 10 | 186 | 20 | 260 | 30 | 325 | — | — | 10 | 24 | 20 | 36 | 30 | 39 | — | — |
| 〃 | 12 | 10 | 378 | 20 | 445 | 30 | 451 | — | — | 10 | 38 | 20 | 50 | 30 | 45 | — | — |
| 〃 | 13 | 10 | 628 | 20 | 619 | 30 | 666 | — | — | 10 | 52 | 20 | 61 | 30 | 47 | — | — |
| 〃 | 14 | 10 | 592 | 20 | 631 | 30 | 709 | — | — | 10 | 53 | 20 | 59 | 30 | 51 | — | — |

## III. Methods of determination

The compositions of the final products were examined as in Table 3. For dry matter or moisture, about 5 grams of each sample was dried at the temperatures

95–100°C for 6 hours. Chemical components were determined for: total nitrogen by Kjeldahl method, amino type nitrogen by Formol method, volatile basic nitrogen by Conway method[5], and sodium chloride by titration method using silver nitrate solution[6]. The results of organoleptic test indicate the mean values obtained by the four research trainees from the Philippines.

## IV. Results of experiments

Experiment A—For the digestion of protein with the commercial proteolytic enzymes, it is effective to control the temperature of the sample and contact the enzyme completely. In the experiments A and B, the samples were digested for this purpose at the optimum temperature and mixed by the use of a mixing machine (Table 1).

In the early stage of the fermentation, the amino type nitrogen content was higher in sample No. 1 than in No. 2. After 20 days it became nearly equal between sample Nos. 1 and 2. In the latter stage, sample No. 1 had the value lower than No. 2 (Fig. 1). A possible interpretation of the variation sample Nos. 1 and 2 showed in their increases of the amino type nitrogen level is this. In the

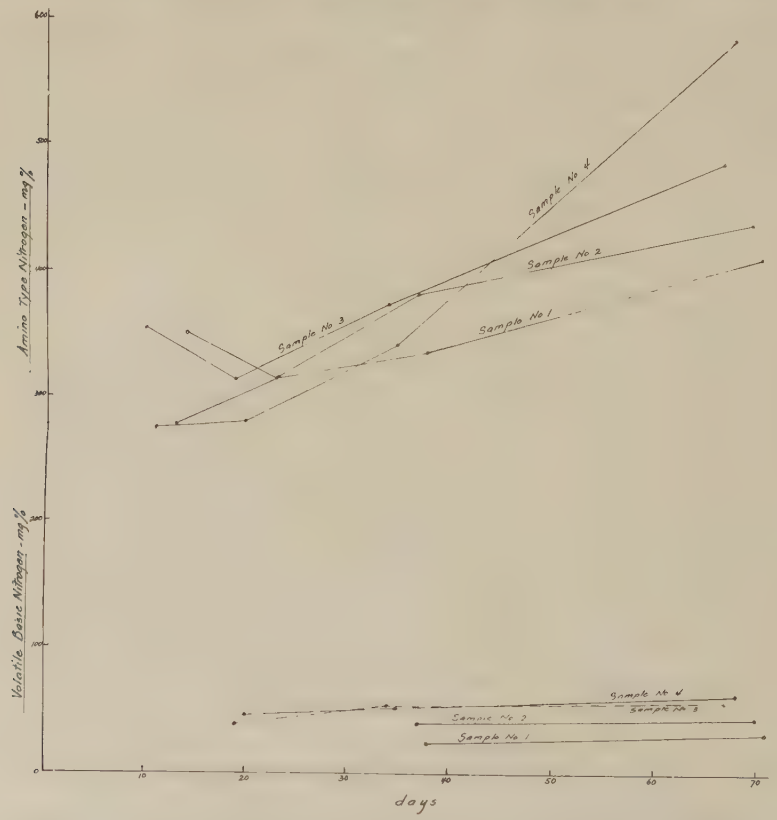



**Fig. 1.** Variation of amino type nitrogen and volatile basic nitrogen of samples Nos. 1–4 during the fermentation period

first two hours of digestion, sample No. 1 had no salt at all so that the activities of enzyme and bacteria could be stronger in that sample than in No. 2 which received salt at the beginning. In the latter stage of fermentation, however, those activities became weaker.

Experiment B—Instead of sardine in experiment A, experiment B had horse mackerel as raw material. The preparation method was identical to that of experiment A.

The variation of amino type nitrogen contents sample Nos. 3 and 4 had during the fermentation period was also nearly the same as in experiment A. The final products of sample No. 4 presented the amount of liquid and dry matter contained therein at a higher level than sample No. 3. According to the organoleptic test the nature of No. 4 liquid appeared to be better than No. 3 (Table 3).

**Table 3.** Compositions of final products

| Expt. series | Sample No. | Liquid | | | | | | | | | Residue | | Liquid & residue |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Amount % | Dry matter % | Total nitrogen g/100 cc | Amino type nitrogen mg% | Volatile basic nitrogen mg% | Sodium chloride % | Organoleptic test | | | Amount % | Moisture % | Total nitrogen g% |
| | | | | | | | | Odor | Color | Taste | | | |
| A | 1 | 50.2 | 27.5 | 1.55 | 500 | 40 | 22 | c | a | b | 48.8 | 43.3 | 1.43 |
| 〃 | 2 | 59.6 | 22.2 | 1.48 | 497 | 48 | 25.5 | c | b | b | 39.3 | 39.3 | 1.04 |
| B | 3 | 36.1 | 23.3 | 2.26 | 569 | 74 | 29 | c | d | c | 63.6 | 46 | 2.05 |
| 〃 | 4 | 58.3 | 34.4 | 2.24 | 591 | 69 | 29 | c | a | b | 40.3 | 46.5 | 2.07 |
| C | 5 | 45.0 | 31.9 | 1.80 | 477 | 73 | 29.5 | c | d | b | 52.8 | 48.3 | 1.92 |
| 〃 | 6 | 58.2 | 33.7 | 2.09 | 588 | 78 | 26.6 | c | d | b | 39.3 | 43.7 | 1.88 |
| 〃 | 7 | 56.5 | 34.0 | 2.17 | 604 | 72 | 29 | c | b | b | 41.1 | 47.7 | 1.81 |
| D | 8 | — | 35.6 | 2.40 | 631 | 74 | 29 | c | d | b | 31.4 | 45.4 | 2.62 |
| 〃 | 9 | — | 35.6 | 2.58 | 724 | 176 | 27.8 | b | b | b | 58.2 | 48.1 | 2.06 |
| 〃 | 10 | — | 37.8 | 2.86 | 607 | 98 | 24.9 | b | b | b | 76.6 | 44.2 | 2.62 |
| E | 11 | 33.5 | 31.4 | 1.56 | 385 | 60 | 33.1 | c | d | c | 65.6 | 49.9 | 2.76 |
| 〃 | 12 | 24.4 | 34.0 | 2.10 | 535 | 67 | 30.1 | b | b | b | 73.3 | 43.4 | 1.92 |
| 〃 | 13 | 63.8 | 35.7 | 2.42 | 676 | 69 | 28.4 | b | a | b | 46.1 | 46.6 | 2.17 |
| 〃 | 14 | 56.2 | 35.9 | 2.44 | 707 | 73 | 26.1 | c | a | b | 43.8 | 46.9 | 2.20 |

Remarks: a—very good b—good c—fair d—bad

Experiment C—For the preparation of the samples in experiments C to E, the mixing machine was not used.

The experiment C was carried out to evaluate an effect of the additive enzyme amount. During the fermentation period, sample Nos. 6 and 7 had a larger amount of amino type nitrogen than No. 5 (control). Particularly sample No. 7 which had received a larger amount of the proteolytic enzyme than sample No. 6 produced a higher content of amino type nitrogen (Fig. 2). In the final products, liquid part of sample No. 7 had a larger amount of amino type nitrogen and a better result of the organoleptic test than the two other samples. Those experiments revealed that it

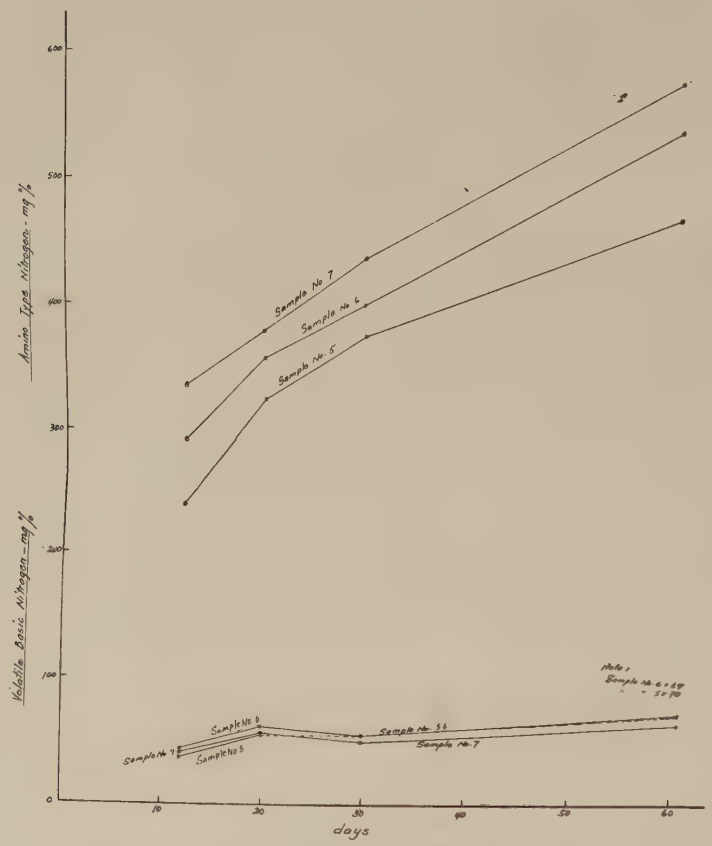



**Fig. 2.** Variation of amino type nitrogen and volatile basic nitrogen of samples Nos. 5–7 during the fermentation period

would be better to use 0.4% enzyme than 0.2%.

Experiment D—This was to examine an effective amount of the additive salt on the fermentation. During the fermentation period, sample No. 9, which had 5% salt on the first day, produced amino type nitrogen and volatile basic nitrogen both at a greater amount than sample No. 10 which had 10% salt (Fig. 3). The production of the latter nitrogen at a greater amount in sample No. 9 suggests that the insufficient amount of salt added to the sample permitted growth of some kinds of bacteria during its fermentation. Although the results of organoleptic test for the final liquids of the both products were pretty good with no remarkable differences between them.

Experiment E—Another kind of commercial proteolytic enzyme, Pronase-P, was used in sample Nos. 13 and 14. Sample No. 14 was digested at 50°C on the first day (Table 1).

During the fermentation period, the amino type nitrogen of sample Nos. 13 and 14 showed remarkably high yields, possibly due to very strong activity of the en-

zyme used in these samples (Fig. 4). The amino type nitrogen content in the liquid of sample No. 14 was higher than, while its volatile basic nitrogen was nearly the same as, in the other samples.

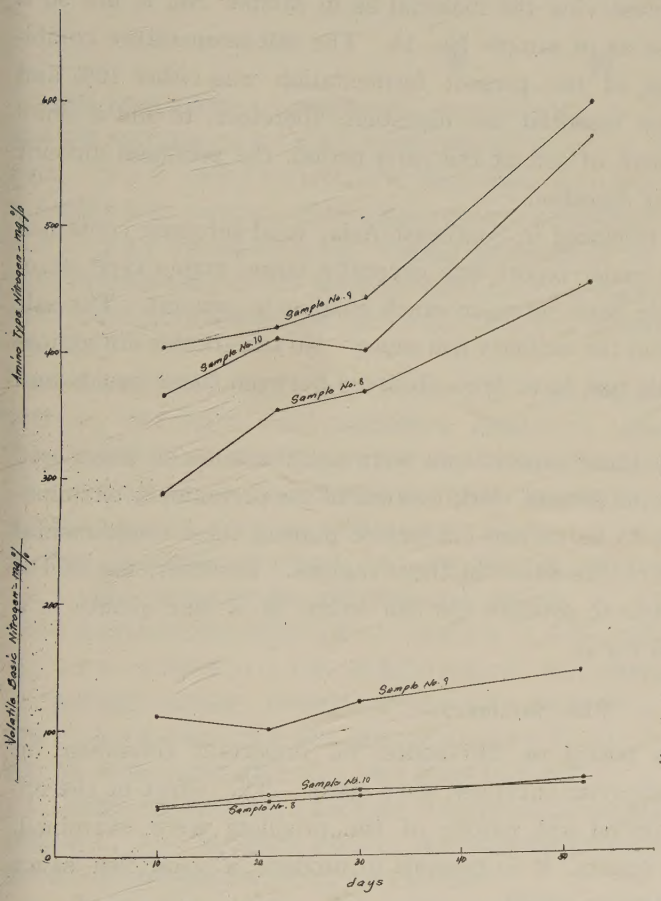



**Fig. 3.** Variation of amino type nitrogen and volatile basic nitrogen of samples Nos. 8–10 during the fermentation period

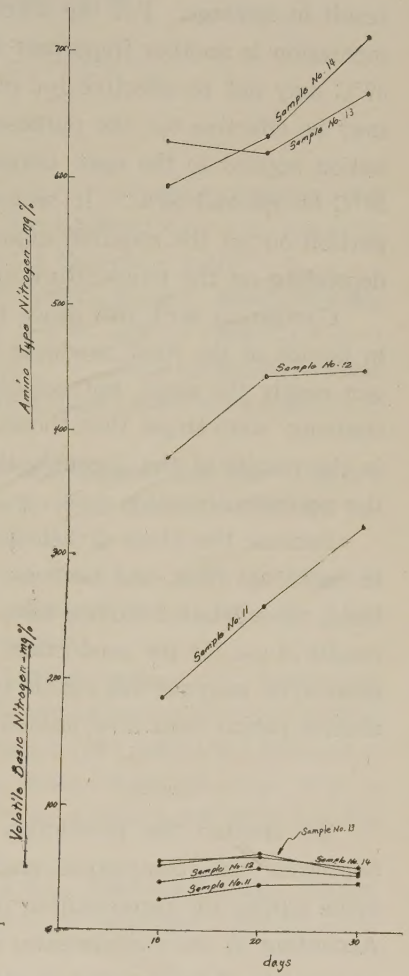



**Fig. 4.** Variation of amino type nitrogen and volatile basic nitrogen of samples Nos. 11–13 during the fermentation period

## V. Consideration

According to the authors' experiments, the digestion of fish protein seems to be influenced by the kind and additive amounts of proteolytic enzyme. It is desirable, therefore, to use such an active enzyme as used in sample Nos. 13 and 14. At present, however, this enzyme is too expensive to be used for the production of fish sauce.

For the production of fish sauce, it is pointed out that the amount of salt affects

the enzymic activity. A smaller amount of additive salt is better for the digestion of protein, as a larger amount of it disturbs the enzymic activity. However, if the material receives salt as little as in sample No. 9 (5%), it may not be effective and result in spoilage. For the digestion, on the other hand, the temperature for fermentation is another important factor. Depending on usage of salt, the temperature 37°C may not be effective for preserving the material as in sample No. 9, but 50°C may be effective for the purpose as in sample No. 14. The salt-temperature combination applied to the easy usage of the present fermentation was either 10% and 37°C or 5% and 50°C. It seems essential for digestion, therefore, to add a small portion out of the required amount of salt at the early period, the portional amount depending on the temperature of digestion.

Comparing with fish sauce produced in Southeast Asia, total nitrogen contained in liquids of the final products under report was generally large, amino type nitrogen nearly the same, but volatile basic nitrogen much smaller in amount. The salt contents were larger than those in the ordinary fish sauce. No remarkable differences in the results of the organoleptic test have been observed between these liquids and the normal fish sauce.

Because the kinds of fish in these experiments were not the same as those used in Southeast Asia, and because the present work was one of the preliminary examinations, more detailed studies have to be carried out before putting these experimental results in use for the production of fish sauce in these regions. However, use of the proteolytic enzyme will enable one to produce the fish sauce of a fine quality in a shorter period than now needed for it.

## VI. Summary

To shorten the production period of fish sauce, an important condiment in Southeast Asia, commercial proteolytic enzymes were used. The effect of the enzyme during the fermentation period and nature of the products were examined. According to the experimental results, it is possible to produce a good fish sauce by the use of the enzyme in a short period.

## Acknowledgment

The authors wish to express their profound gratitude to Mr. M. Yanase, research chemist in the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, for his guidance in performing these experiments and Mr. M. Ishida, English editor of the same, for his kind checking of linguistic expression of the manuscript.

## References

4) Fisheries Products Manual, Indo-Pacific Fisheries Council, FAO Regional Office for Asia and the Far East, Bangkok, Thailand, 1961.
5) Microdiffusion Analysis and Volumetric Error, By Edward J. Conway, 1950.
6) Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists, 1950.

# 魚醤油の製造に関する研究—I

## 魚醤油製造時における酵素剤添加の影響

村山繁雄・デー，エル，カルベズ・ピー，ニタヤチン


### 要　　約

魚醤油は魚類を原料とした醗酵調味料で，我が国におけるショツツル・イシルなどがその例である。魚醤油は東南アジア諸国でも広く生産され主要な調味料となつている。それらの製品はフイリツピンにおいては Patis，ベトナム・カンボヂアにおいては Nuoc-mam，タイにおいては Nam-pla とよばれている。

魚醤油の製造については，我が国の製法と他のアジア諸国の製法と相通ずる点が多く，製品の品質や製法について改良すべき共通の点が多い。魚醤油の製造には我が国では 1～2 年，東南アジア諸国では 6 月～1 年という長期間を要するので，製造期間を短縮することが先ず望まれている。著者らは魚醤油原料の消化に当り，市販の蛋白分解酵素剤を添加使用することによつて，消化作用を促進せしめ製造期間を短縮することを試みた。

著者らの実験においてはイワシ・アジを原料とし，それらの原料に酵素剤を添加し数種の条件で魚醤油を試製した。(第1表参照) それらの製造試験で，醗酵中のアミノ態窒素・揮発性塩基窒素の変化を観察し，それら試製品の性状を市販の魚醤油と比較した。これらの試験の結果によれば，

1. 魚醤油製造の際に蛋白分解酵素を添加すれば，原料魚類蛋白の分解が著るしく促進され，魚醤油の製造期間が短縮出来ることは当然予期された通りであつた。しかし原料蛋白分解の速度は，使用魚種・添加酵素の種類・作用方法によつて著るしく異る結果が得られた。(第2表参照)

2. 一般に魚醤油製造の際には使用原料に対し 20～30% という高濃度の食塩を加えるが，高濃度の食塩の存在は蛋白分解酵素の消化力を著るしく阻害する。したがつて蛋白分解の初期には出来るだけ食塩添加量を少くすることが望ましい。しかし低濃度の食塩では，蛋白分解酵素はよく働くが腐敗をおこす恐れがあるので食塩濃度・作用温度・作用時間の適当条件を求める必要がある。著者らの実験結果によると，37°C の温度で作用させる場合，先ず 10% 程度の食塩を加える方がよい。しかし作用温度を最初 50°C にする場合は 5% 程度の食塩添加量でよい。(第3表実験 D, E 参照)

3. 著者らの酵素剤添加による試製品と市販魚醤油の性状を比較すると，著者らの試製品は概して全窒素含量が多く，アミノ態窒素は略々等しく，揮発性塩基窒素は非常に少い。また感能試験によればそれらの臭味に著るしい差異を認めなかつた。(第3表参照)

著者らの酵素剤添加の魚醤油製造試験により，製造期間を短縮出来る見込みがついたので，更に製品の品質に関して詳しく研究すれば，従来の魚醤油製造法より簡易な製法が期待出来ると思う。